
3 1761 05482390 1
GERSTEIN
UNIVERSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

VADE-MECUM DE L'ASTRONOME.

ANNALES

DE

L'OBSERVATOIRE ROYAL DE BRUXELLES.

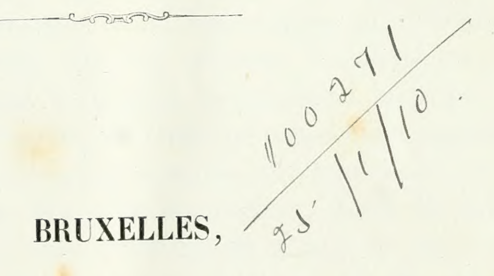
Appendice à la nouvelle série des Annales astronomiques.

VADE-MECUM DE L'ASTRONOME

PAR

J. C. HOUZEAU,

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE.



BRUXELLES,

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE,

rue de Louvain, 108.

1882.



INTRODUCTION.

Nous avons publié, en 1878, dans le tome I[er] des *Annales astronomiques de l'Observatoire de Bruxelles*, nouvelle série, un Répertoire des constantes de l'Astronomie, dans lequel nous avons tâché de réunir non-seulement les meilleures valeurs numériques des différentes constantes, mais la succession des valeurs obtenues, pour chaque élément, à mesure du progrès des recherches.

L'importance des mesures, dans les sciences, est connue de tous. Le temps et le travail que l'on consacre à déterminer les grandeurs de toutes les quantités susceptibles d'une évaluation rigoureuse, en montre suffisamment le prix. Ce sont, en effet, ces données numériques qui servent de base à notre conception géométrique de l'univers. Aussi l'utilité de rassembler, sous une forme systématique, les résultats de toutes les mesures, a-t-elle été souvent indiquée. On sait que *Babbage* s'était proposé, un instant, un travail de ce genre, embrassant toutes les sciences qui emploient des déterminations fondées sur des nombres. Le physicien, le chimiste, l'anthropologiste, y auraient trouvé, aussi bien que le cristallographe ou l'astronome, les éléments numériques appartenant aux différentes branches des connaissances humaines.

Dans un ouvrage qui date d'un demi-siècle, *John Herschel* insistait aussi sur l'importance et l'utilité de réunir en une sorte de tableau les données numériques des sciences (1). En chimie comme en physique, comme en astronomie, c'est, dit-il, l'élément

---

(1) Herschel, J_1. A preliminary discourse on the study of natural philosophy, 8°, London, 1830; art. 222-224.

indispensable, pour prévoir avec exactitude le résultat d'une expérience ou d'une observation.

L'étendue du cadre que *Babbage* s'était tracé a sans doute été pour beaucoup dans l'abandon que ce savant fit plus tard de son projet. En se bornant à une seule science, l'astronomie, par exemple, le cercle à parcourir est encore d'une vaste étendue. Il faudrait pour réaliser le plan, d'une manière complète, dans les limites de l'astronomie seule, un grand nombre de volumes.

Ainsi ce serait un travail immense de reproduire, dans un même ensemble, tous les catalogues d'étoiles. Mais chacun de ces catalogues présentant déjà une certaine classification, on peut suppléer, jusqu'à un certain point, à ce travail général, en indiquant méthodiquement les sources auxquelles il faudrait recourir pour le construire.

Aussi, dans notre première publication, avions-nous simplement signalé les matériaux à employer, lorsque ceux-ci étaient déjà coordonnés dans les sources elles-mêmes, tandis que nous avions formé en tableaux les résultats individuels, lorsque ces résultats étaient disséminés. Dans ces conditions plus modestes, et pourtant presque aussi avantageuses à l'usage, nous avions pu réduire à des proportions admissibles le Répertoire des éléments numériques de l'astronomie.

Cette publication étant épuisée, nous avons songé à une seconde édition, pour laquelle nous avons adopté le format plus commode de l'in-octavo. En même temps que nous revisions notre premier travail, et que nous complétions les tableaux par l'addition de résultats qui nous avaient d'abord échappé, nous avons essayé d'introduire, à leurs places respectives, les principales données historiques.

Les mesures prises par les astronomes des diverses époques sont dans une liaison étroite avec les méthodes d'observation d'une part, et avec les formes des instruments d'autre part. Les résultats et les moyens de les obtenir progressent ensemble. La valeur des nombres conclus dépend de la perfection de ces moyens, qui fournit le véritable criterium de l'exactitude. Il y a donc, dans

l'introduction des perfectionnements mécaniques et dans l'invention de nouvelles méthodes, un élément d'appréciation qu'il semble naturel de joindre aux mesures elles-mêmes.

Pour spécifier ces progrès successifs de la science, il suffit à l'astronome de quelques mots, d'une date, d'une référence à une publication originale. Ce n'est donc en aucune manière l'histoire de la science que nous avons prétendu reconstruire. Les notes relatives à l'origine des méthodes et aux observations nouvelles, renvoyant aux sources premières, seraient plutôt le simple squelette d'une pareille histoire. Elles indiqueraient les pièces originales à consulter par l'historien, celles dont il formerait une liste pour se préparer à l'étude.

Tel est le caractère, un peu plus étendu, de l'édition que nous publions aujourd'hui, sous le titre de *Vade-mecum de l'astronome.* Peut-être remplira-t-elle une lacune, très-sensible et très-apparente dans les traités modernes, lorsqu'on les compare à ceux du siècle précédent.

Dans le siècle dernier, les traités d'astronomie présentaient à la fois l'exposition didactique des théories, le développement historique des découvertes et le tableau numérique des résultats. Ils avaient la prétention d'embrasser la science tout entière. Ils n'étaient pas seulement précieux par l'ensemble des documents qu'ils mettaient en œuvre; ils tiraient un intérêt particulier de la variété et de l'étendue des matières dont ils traitaient. Dans les grands ouvrages de *Lalande* en France, de *Vince* en Angleterre, et dans quelques autres que nous pourrions également citer, on voyait la science se former, grandir, procéder à tous ses essais, asseoir enfin ses résultats, pour ainsi dire sous les yeux du lecteur.

Non-seulement ce tableau donnait de l'animation à l'exposition didactique, mais il permettait d'apprécier la part de nos devanciers et leur mérite. On vit dans une sphère trop étroite, quand on s'imagine que toute démonstration date de la dernière forme qu'on lui a donnée dans l'école.

Nous ne cachons pas que nous avons cherché à réagir contre cette fausse impression, trop souvent partagée par la génération

des écoles contemporaines, que toute la science est de date récente. Si, dans certaines mesures, nous apportons plus de précision que ne faisaient nos devanciers, il serait injuste d'oublier jusqu'où remonte souvent le germe des plus belles méthodes.

Ceux qui, dans les déterminations numériques, n'attachent de valeur qu'à la mesure qui vient la dernière, trouveront peut-être que dans nos tableaux de certaines constantes, nous avons pris les choses de trop haut, et que nous avons grossi notre ouvrage de chiffres qu'aujourd'hui il n'y a plus lieu de considérer. Il faut remarquer cependant que les premières déterminations numériques obtenues, dans une ligne donnée, conserveront toujours un intérêt historique. D'autre part, la convergence des valeurs vers un certain chiffre définitif marque les progrès de nos connaissances et le succès des mesures des astronomes; tandis que le désaccord des résultats peint aux yeux l'indécision, et dans certains cas le caractère illusoire des déterminations.

Comment pourrait-on, par exemple, donner une idée plus juste de l'incertitude qui règne encore, à bien peu d'exceptions près, sur la parallaxe des fixes, qu'en dressant le tableau des valeurs attribuées à une même étoile par différentes séries d'observations. On y trouve des chiffres qui varient depuis la seconde entière jusqu'à quelques centièmes de seconde, et qui parfois sont entremêlés de valeurs négatives. Quelle foi peut-on accorder à des résultats si divergents, qui prouvent seulement que la quantité à mesurer est extrêmement petite, et presque impossible à dégager des erreurs des observations?

En formant les listes de déterminations numériques, on trouve souvent qu'un même auteur est revenu à différentes reprises sur un même sujet. Il a travaillé à améliorer sans cesse ses résultats; il les a revus et corrigés à des époques successives. Telles ont été, par exemple, les recherches de *Bessel* sur le sixième satellite de Saturne (Titan), celles de *Airy* sur la masse de Jupiter, celles de *Le Verrier* sur les éléments de Mercure. Il est évident qu'en pareil cas l'auteur remplace lui-même ses anciennes déterminations par les plus récentes. Aussi n'avons-nous rapporté alors que ces der-

nières, qui sont celles auxquelles il s'était arrêté. Nous n'avons fait d'exception que si les méthodes employées étaient différentes, ou les séries d'observations traitées séparément.

Parfois les expressions numériques servant à la détermination d'un même élément n'étaient pas rapportées à une commune unité. C'est ainsi que la révolution d'une planète et le grand axe de son orbite sont présentés, pour ainsi dire indifféremment, par les auteurs, et se trouvent d'ailleurs dans une telle dépendance qu'ils ne représentent en réalité qu'une seule donnée. Il en est de même de la plus grande équation du centre et de l'excentricité. Autant qu'il nous a été possible, nous avons rapporté celle des quantités que l'on avait obtenue directement par l'observation. Nous n'avons calculé la quantité déduite qu'autant que l'uniformité de certains tableaux l'exigeait.

Nous avons cru devoir nous borner, d'ailleurs, aux matières qui forment le domaine actuel de la science, sans aborder le terrain des hypothèses, des observations controuvées ou des résultats illusoires. L'astrologie est tombée. La doctrine des tourbillons est rentrée dans l'oubli. La science a assez à faire des théories nouvelles qui se développent, des champs nouveaux que le progrès des expériences lui ouvre, sans s'occuper encore de ce qui est mort; elle ne doit conserver que ce qui a vie.

Ce que nous disons ici des théories s'applique d'ailleurs également aux évaluations numériques. A quoi servirait-il, par exemple, de mêler aujourd'hui au tableau des masses des planètes, la masse que *L. Euler* avait attribuée à Mercure en faisant sur sa densité une hypothèse qui ne s'est pas vérifiée. On ne possédait pas à cette époque de moyen de déterminer la masse de cette planète; une hypothèse était permise et peut-être jusqu'à un certain point utile. Mais depuis qu'il existe des déterminations directes, ce sont uniquement celles-ci qu'il faut conserver.

Telles ont été les considérations qui nous ont guidé dans la préparation de notre travail, et qui nous ont servi à en tracer les limites. Nous avons été minutieux dans nos citations, prenant soin d'indiquer les éditions et les dates. Le relevé des ouvrages

mentionnés par leur titre et leur format compose à lui seul une sorte de bibliographie choisie de l'astronome.

La publication, en quelque sorte journalière, de nouvelles recherches rend bientôt incomplet un ouvrage du genre de celui que nous présentons ici. Ce que l'on pourrait appeler le bilan de la science s'accroît sans cesse d'articles nouveaux. Non-seulement on corrige les valeurs déjà connues, mais on aborde la détermination d'éléments qu'on n'avait pas encore soumis à la mesure. Ce progrès constant ne doit pas empêcher cependant de faire le relevé des déterminations actuellement connues; car c'est sur les notions de temps et de grandeur ainsi rassemblées, que l'astronome fonde l'idée qu'il se forme de l'univers.

En présence du grand nombre de documents qu'il s'agissait de consulter, nous avons été heureux de trouver le concours de deux astronomes de l'Observatoire de Bruxelles, auxquels nous adressons ici nos vifs remercîments. *M. L. Niesten* a bien voulu se charger de mettre au courant la table des comètes. *M. C. Lagrange* a dressé le tableau des éléments des astéroïdes, et a revu en outre, avec nous, une grande partie des épreuves. Parmi les notes bibliographiques, il y en a un certain nombre qui proviennent de renseignements réunis par *M. A. Lancaster,* bibliothécaire de notre Observatoire.

AVIS GÉNÉRAL.

Dans les ouvrages qui ont un grand nombre d'éditions, les citations sont faites d'après les parties de l'ouvrage, telles que le livre et le chapitre. Dans ceux qui n'ont été imprimés qu'une fois, ou bien dont on a en vue une édition spéciale, on donne le volume et la page, en indiquant en même temps la date, le lieu d'impression et le format.

Toutes les fois qu'on a parlé d'ouvrages écrits dans les langues qui ne sont plus usitées en Europe, on a marqué par une initiale l'idiome original. Les lettres employées sont :

[G] pour le grec,
[L] pour le latin,
[A] pour l'arabe,
[H] pour l'hébreu.

Les titres et les citations des ouvrages écrits dans ces différentes langues sont rapportés en latin. Cet usage est généralement suivi aujourd'hui. Tous ceux qui ont fait des études classiques, tous ceux qui se sont occupés de recherches historiques, sont familiers avec les titres latins des ouvrages grecs, tels que le De cœlo d'Aristote ou le De placitis philosophorum de Plutarque. Les traités arabes, de leur côté, nous sont connus pour la plupart par des versions latines. Nous avons donc pensé qu'il était permis de suivre une même règle générale, pour les diveres langues qui ne sont plus d'un usage vulgaire en Europe.

Fallait-il étendre cette règle à la forme donnée aux noms des auteurs? L'uniformité nous a paru l'exiger. Nous n'ignorons pas ce que cette marche peut avoir en apparence de pédantesque. Le lecteur français est habitué aux formes françaises, et peut-être a-t-il besoin d'un moment de réflexion pour reconnaître sous le nom de *Livius* l'historien qu'il est habitué à appeler *Tite-Live.*

Mais, d'un autre côté, le présent ouvrage n'est pas destiné à des français seulement. En Angleterre, en Allemagne, en Italie et dans les autres pays de l'Europe, où ces notes seront consultées, on

reconnaîtra plus vite le nom latin que l'appellation française. Il y avait là une nouvelle raison pour ne point se départir de l'uniformité, qui a déjà ses avantages par elle-même. A côté des titres latins, nous donnerons donc les noms latins ou latinisés des auteurs.

Il fallait alors, par l'application d'un principe semblable, conserver aux noms des auteurs qui ont écrit dans les langues vivantes, la forme que ces noms portent dans l'idiome original. Les titres des ouvrages modernes sont donnés, en effet, dans la langue où ils ont été écrits. L'inconvénient de les traduire est généralement reconnu aujourd'hui. Toutefois on s'est dispensé d'employer, pour les langues qui ont un alphabet à elles, leurs caractères particuliers d'écriture. Ces caractères ont été représentés par les lettres latines correspondantes. On en a usé de même lorsqu'il s'est agi de transcrire des mots grecs, arabes ou hébreux.

L'indication des sources et les références sont faites, sous chaque article, dans l'ordre strictement chronologique. Cette marche, à laquelle on s'est constamment assujetti, permettra à ceux qui feront les recherches de suivre le progrès graduel des idées ou des découvertes.

Tous les ouvrages cités sont indiqués par leur titre exprimé en toutes lettres, à l'exception de ceux dont la mention revient un grand nombre de fois, pour lesquels on a employé des abréviations. On trouvera dans le tableau qui suit la liste de ces ouvrages, ainsi que les abréviations adoptées.

Ces abréviations sont de deux espèces. Les unes commencent par le nom de l'auteur, s'il s'agit d'une œuvre personnelle, ou par le nom de la ville s'il s'agit d'une publication faite par une Académie ou par une institution publique. Ces noms, soit d'auteurs, soit de localités, sont donnés dans la forme qu'ils portent sur le titre de l'ouvrage. La seconde classe d'abréviations, qui fait l'objet d'une seconde série alphabétique, se compose de groupes symboliques, chacun de trois lettres, désignant les principales revues et les journaux scientifiques.

CLEF DES ABRÉVIATIONS

EMPLOYÉES DANS LES RÉFÉRENCES.

Dans les références formulées d'après la table qui suit, les chiffres romains indiquent les volumes et les chiffres arabes les pages. Quand les volumes sont subdivisés en plusieurs parties, celles-ci sont distinguées par des chiffres romains en petites capitales.

Lorsque les volumes d'une collection sont cités d'après les années auxquelles ils correspondent, on n'a pas indiqué de tomaison.

PREMIÈRE SECTION.

Albategnius, ScS.

De scientia [motu] stellarum. 4°, Norimbergae; 1537. — Autre édition, 4°, Bononiae; 1645. (Voir § 58, n° 548.)

Aldus, Ast.

J. Firmici libri VIII ... Fol., Venetiis; 1499. (Voir § 68, n° 858.)

Alfraganus, Elm.

Elementa astronomica. 4°, Amstelodami; 1669.

Amsterdam, Ver_1.

Verslagen en mededeelingen der Akademie der wetenschappen, letterkunde en schoone kunsten te Amsterdam. — Afdeeling Natuurkunde. 8°, Amsterdam; I-XVII, 1853-1865.

Amsterdam, Ver_2.

Verslagen en mededeelingen der Akademie der wetenschappen, letterkunde en schoone kunsten te Amsterdam; IIte reeks. — Afdeeling natuurkunde. 8°, Amsterdam; I-XVI, 1866-1881.

Arago, Ape.

Astronomie populaire. 8°, Paris & Leipzig; I-IV, 1854-1857.

Bainbridge, Pro.

Proclus, sphaera ... latine reddita. 4°, Londini; 1620. (Voir § 68, n° 866.)

Beer & Mädler, { Bei. / Frg.

Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischen Körper im Sonnensysteme. 4°, Weimar; 1841. (Fragments sur les corps célestes du système solaire. 4°, Paris [Copenhague]; 1840.)

Berlin, Abh.

Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 4°, Berlin; 1804-1880.

Math. signifie : Mathematische Klasse;
Phys. » Physikalische Klasse;
Phil. » { Philologische ou Historisch - Philologische Klasse; Philosophisch - Historische Klasse.

Berlin, Beo.
Astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte zu Berlin. Fol., Berlin; I-IV, 1840-1857.

Berlin, Ber.
Bericht über die zur Bekanntmachung geeignete Verhandlungen der Akademie zu Berlin. 8°, Berlin; 1836-1855.

Berlin, H & M.
Histoire de l'Académie royale des sciences et belles-lettres de Berlin, avec les Mémoires tiréz des régistres de cette Académie. 4°, Berlin; 1745-1769.

Berlin, Mbr.
Monatsberichte der Preussischen Akademie zu Berlin. 8°, Berlin; 1856-1881.

Berlin, Mém$_1$.
Mémoires de l'Académie des sciences et belles-lettres de Berlin, avec l'histoire de cette Académie; classe de mathématique. 4°, Berlin; 1770-1786.

Berlin, Mém$_2$.
Nouveaux mémoires de l'Académie des sciences de Berlin, depuis l'avènement de Frédéric-Guillaume II au trône, avec l'histoire pour le même temps. 4°, Berlin, 1786-1797.

Berlin, Mém$_3$.
Mémoires de l'Académie des sciences et belles-lettres, depuis l'avènement de Frédéric-Guillaume III au trône, avec l'histoire pour le même temps. 4°, Berlin, 1798-1804.

Math. signifie Classe mathématique.

Bernoulli, J$_3$., RpA.
Recueil pour les astronomes. 8°, Berlin; I-III, 1771-1776.

Berolinum, Msc.
Miscellanea berolinensia ad incrementum scientiarum ex scriptis Societatis Regiae edita. 4°, Berolini; I-VIII, 1710-1744.

Bessel, Abh.
Abhandlungen, herausgegeben von R. Engelmann. 4°, Leipzig; I-III, 1875-1876.

Bessel, FaA.
Fundamenta astronomiae pro anno MDCCLV deducta ex observationibus Bradley. Fol., Regiomonti; 1818.

Bessel, Tab.
Tabulae regiomontanae reductionum observationum astronomicarum. 8°, Regiomonti, 1830.

Bessel, Unt.
Astronomische Untersuchungen. 4°, Königsberg; I-II, 1841-1842.

Bologna, Mem$_1$'.
Memorie dell'Accademia delle scienze dell'Instito di Bologna. 4°, Bologna; I-XII, 1850-1861.

Bologna, Mem$_2$'.
Memorie dell'Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna; serie II*a*. 4°, Bologna; I-X, 1862-1870.

Bonn, Beo.
Astronomische Beobachtungen angestellt auf der Sternwarte der Universität zu Bonn. 4°, Bonn; I-VII, 1846-1869.

Bononia, Cii.
De Bononiensi scientiarum et artium Instituto atque Academia Commentarii. 4°, Bononiae; I-VII, 1731-1791.

Les chiffres cités sont les pages des Opera; Com. désigne les Commentarii.

Boscovich, Opa.
Opera pertinentia ad opticam et astronomiam. 4°, Bassani; I-V, 1785.

Boston, Mem_1.
Memoirs of the American Academy of arts and sciences. 4°, Boston; I-IV, 1785-1821.

Boston, Mem_2.
Memoirs of the American Academy of arts and sciences; new series. 4°, Boston; I-X, 1833-1873.

Bothkamp, Beo.
Beobachtungen angestellt auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp. 4°, Leipzig; I-III, 1872-1875.

British Assoc, Rep.
Report of the British Association for the advancement of science. 8°, London; 1831-1879.

Le chiffre II désigne les Transact. des sections.

Bradley, Obs.
Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich; from the year 1750 to the year 1762. Fol., Oxford; I-II, 1798-1805.

Brahe, Opa.
Opera omnia, sive astronomiae instauratae progymnasmata. 4°, Francofurti; 1648.

Braheus, AiP.
Astronomiae instauratae progymnasmata. 4°, Uraniburgi; 1602.

Bruxelles, Ann.
Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles. 12°, Bruxelles; 1834-1882.

Bruxelles, Bul_1.
Bulletins de l'Académie royale de Bruxelles. 8°, Bruxelles; I-XXIII; 1832-1856.

Bruxelles, Bul_2.
Bulletins de l'Académie de Belgique; 2e serie. 8°, Bruxelles; I-L, 1857-1880.

Bruxelles, Bul_3.
Bulletins de l'Académie de Belgique; 3e série. 8°, Bruxelles; I-II, 1881.

Bruxelles, Mcr.
Mémoires couronnés [et mémoires des savants étrangers] publiés par l'Académie de Bruxelles [Belgique]. 4°, Bruxelles; VI-XLII, 1827-1879.

Bruxelles, MCr′.
Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie de Belgique. 8°, Bruxelles; I-XXX; 1840-1880.

Bruxelles, $Mém_2$.
Nouveaux mémoires de l'Académie de Bruxelles. 4°, Bruxelles, I-XLIII, 1820-1880.

Bullialdus, Aph.
Astronomia philolaica. Fol., Parisiis; 1645.

Calcutta, AsR.
Asiatick researches, or transactions of the Society instituted in Bengal for inquiring into the history and antiquities, the arts, sciences and literature of Asia. 4°, Calcutta puis Serampore; I-XX, 1788-1839.

Cambridge, Ann.
Annals of the astronomical Observatory of Harvard College. 4°, Cambridge; I-XI, 1856-1879.

Cambridge, Obs.

Astronomical observations made at the Observatory at Cambridge. 4°, Cambridge; I-XX, 1829-1864.

Cambridge, Tra.

Transactions of the Cambridge Philosophical Society. 4°, Cambridge; I-XII, 1822-1879.

Cassini [J], Elm.

Éléments d'astronomie. 4°, Paris; 1740.

Copernicus, Rev.

De revolutionibus orbium coelestium. Fol., Norimbergae; 1543.

Dasypodius, SDP.

Sphaericae doctrinae propositiones graece et latine nunc primum editae. 8°, Argentorati; 1572.

Delambre, Ast.

Astronomie théorique et pratique. 4°, Paris; I-III, 1814.

Didot, BSG.

Bibliotheca scriptorum graecorum cum interpretatione latina. 8°, Parisiis; I-XLVI, 1837-1857.

Dionysius, Orb.

Orbis descriptio. 8°, Basileae; 1523. (Voir § 68, n° 859.)

Dorpat, Beo.

Beobachtungen der Universitäts-Sternwarte Dorpat. 4°, Dorpat; IX-XVI, 1842-1866.

Dorpatum, Obs.

Observationes astronomicae institutae in specula universitatis Dorpatensis. 4°, Dorpati; I-VIII, 1817-1839.

Dublin, Tra$_1$.

Transactions of the Irish Academy. 4°, Dublin; I-XXVII, 1787-1879.

Dublin, Tra$_2$.

The scientific transactions of the Royal Dublin Society. 4°, Dublin; I, 1879.

Duséjour, TaM.

Traité analytique des mouvements apparents des corps célestes. 4°, Paris; I-II, 1786-1789.

Edinburgh, Tra.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 4°, Edinburgh; I-XXIX, 1788-1879.

Fabricius, BGr.

Bibliotheca graeca. 4°, Hamburgi; I-XIV, 1708-1728. (Voir § 68, n° 869.)

Firmicus, Ast.

Astronomicon libri VIII. Fol., Basileae; 1533. (Voir § 68, n° 872.)

Flamsteedius, His.

Historia coelestis britannica. Fol., Londini; I-III, 1725.

Galilei, Ope.

Le opere, prima edizione completa. 8°, Firenze; I-XVI, 1842-1856.

On a quelquefois cité en même temps d'autres éditions : voir § 67, n°s 794-798.

Gassendus, Opa.

Opera omnia. Fol., Lugduni; I-VI, 1658. — Aussi : Fol., Florentiae; I-VI, 1727.

Gauss, Wrk.

Werke. 4°, Göttingen; I-VII, 1863-1874.

Gotinga, Ces$_2$.

Commentationes Societatis regiae scientiarum gottingensis classis mathematicae. 4°, Gotingae; I-XVI, 1778-1808.

Gotinga, Ces$_3$.

Commentationes recentiores Societatis gottingensis. 4°, Gotingae; I-VIII, 1811-1841.

Gotinga, Cii.

Commentarii Societatis scientiarum gottingensis. 4°, Gotingae; I-V, 1751-1782.

Gotinga, NCi.

Novi commentarii Societatis gottingensis. 4°, Gotingae & Gothae; I-VIII, 1769-1777.

Greenwich, Obs.

Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich. Fol., London; I-IV, 1776-1811. — Continué : 4°, London; 1811-1879. (Voir § 366, n°s 3376-3379.)

Haag, Bij$_4$.

Bijdragen tot de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch-Indië, uitgegeven door het Instituut voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch-Indië; IV^{de} volgreeks. 8°, s'Gravenhage; I-IV, 1877-1880.

Humboldt, { Kos. / Cos.

Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 8°, Stuttgart & Tübingen; I-VII, 1845-1862. (Cosmos, essai d'une description physique du monde. 8°, Paris; I-V, 1846-1859.)

Hyginus, Fab.

Fabularum liber et poeticon astronomicon. Fol., Basileae, 1535. (Voir § 68, n° 861.)

Karsten, PGR.

Philosophorum graecorum veterum praesertim qui ante Platonem floruerunt operum reliquiae. 8°, Haag; I-II, 1830-1838.

Keplerus, Epi.

Epitome astronomiae copernicanae. 8°, Lentiis & Francofurti; I-III, 1618-1622.

Keplerus, Opa.

Opera omnia. 8°, Francofurti a. M. & Erlangae; I-VIII, 1858-1871.

Keplerus, Tab.

Tabulae rudolphinae. Fol., Ulmae; 1627.

Königsberg, Beo.

Astronomische Beobachtungen auf der Universitäts Sternwarte in Königsberg. Fol., Königsberg; I-XXXVI, 1815-1870.

La Caille, AFa.

Astronomiae fundamenta novissimis Solis et stellarum observationibus stabilita. 4°, Parisiis; 1757.

Lagrange, OEu.

OEuvres. 4°, Paris; I-IX et XIII, 1867-1882.

La Haye, voyez Haag.

Lalande, Ast$_1$.

Astronomie. 4°, Paris; I-II, 1764.

Lalande, Ast$_2$.

Astronomie; 2e édition. 4°, Paris; I-III, 1771.

Lalande, Ast$_3$.

Astronomie; 3e édition. 4°, Paris; I-III, 1792.

Lansbergius, Tab.
Tabulae coelestium motuum perpetuae. 4°, Middelburgi; 1632. (Voir § 63, n° 677.)

Laplace, TMc.
Traité de mécanique céleste. 4°, Paris; I-V, 1799-1825. (Voir § 110, n° 1387.)

Lectius, PGv.
Poetae graeci veteres carminis heroici scriptores, qui extant, omnes. Fol., Aureliae Allobrogum; I-II, 1606.

Leiden, ASt.
Annalen der Sterrewacht te Leiden. 4°, Haarlem & Haag; I-IV, 1868-1875.

Leipzig, Abh.
Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 8°, Leipzig; I-XII, 1852-1879.

Leipzig, Ber.
Berichte über die Verhandlungen (mathematisch-physikalische Classe) der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 8°, Leipzig; 1846-1878.

Leipzig, Pub.
Publication der astronomischen Gesellschaft. 4°, Leipzig; I-XV, 1864-1879.

Leipzig, Vjh.
Vierteljahrschrift der Astronomische Gesellschaft. 8°, Leipzig; I-XV, 1866-1880. — Supplement zu Jahrgänge III & IV, 1868-1869.

Le Monnier, His.
Histoire céleste. 4°, Paris; 1741.

Le Monnier, Ins.
Institutions astronomiques. 4°, Paris; 1746.

Lewis, HSy.
An historical survey of the astronomy of the ancients. 8°, London; 1862.

Lipsia, AcE.
Acta eruditorum quae Lipsiae publicantur. 4°, Lipsiae; 1682-1731. — Supplementa, I-X, 1692-1734.

Lipsia, NAE.
Nova acta eruditorum. 4°, Lipsiae; 1732-1776. — Supplementa. I-VIII, 1735-1757.

London, MAS.
Memoirs of the Astronomical Society of London. 4°, London; I-XLIV, 1822-1880.

London, MNt.
Monthly notices of the Astronomical Society. 8°, London; I-XLII, 1828-1882.
Les vol. XIX-XXVII se trouvent également dans les vol. XXVIII-XXXVI des Memoirs

London, Pro.
Proceedings of the Royal Society of London. 8°, London; VII-XXX, 1854-1881.

London, PTr.
Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 4°, London; 1665-1880.

Maskelyne, Obs.
Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich. Fol., London; I-IV, 1776-1811.

Maurolycus, Sph.
Theodosii sphericorum elementorum libri III. Fol., Messanae; 1558. (Voir § 68, n° 857.)

Mersennus, Cog.
Cogitata physico-mathematica. 4°, Parisiis; I-III, 1644-1647.

Milano, Pub.

Pubblicazioni dell' Osservatorio di Brera in Milano. 4°, Milano, Napoli & Pisa; I-XIII, 1873-1878.

Milano, Mem_1.

Memorie dell' Istituto del Regno Lombardo-Veneto. 4°, Milano; I-V, 1812-1838.

Milano, Mem_2.

Memorie dell' Istituto Lombardo di scienze; classe di scienze naturali e matematiche. 4°, Milano; I-IX, 1843-1865.

Milano, Mem_3.

Memorie dell' Istituto Lombardo di scienze; classe di scienze naturali e matematiche; serie III*a*. 4°, Milano; I-V, 1867-1879.

Montucla, HdM.

Histoire des mathématiques; nouvelle édition. 4°, Paris; I-IV. 1799-1802. (Voir § 43, n° 258.)

Morelius, Ara.

Arati solensis phaenomena et prognostica. 4°, Parisiis; 1559. (Voir § 68, n° 873.)

Moscou, Ann.

Annales de l'Observatoire de Moscou. 4°, Moscou; I-VII, 1874-1881.

München, Abh_1.

Abhandlungen der Baierischen Gesellschaft der Wissenschaften. 4°, München; I-X, 1763-1776.

München, Abh_2.

Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der Baierischen Akademie der Wissenschaften. 4°, München; I-XIV, 1832-1881.

München, Dks.

Denkschriften der Baierischen Akademie der Wissenschaften zu München. 4°, München & Salzbach; I-IX, 1809-1825.

Napoli, Att_1.

Atti dell' Accademia delle scienze fisiche e mathematiche. 4°, Napoli; I-VI, 1819-1851.

Napoli, Att_2.

Atti dell' Accademia delle scienze fisiche et matematiche; nuova serie. 4°, Napoli; I-VIII, 1863-1879.

Napoli, Ren_2.

Rendiconti delle adunanze e de' lavori dell' Accademia delle scienze; nuova serie. 4°, Napoli; I-V, 1852-1856.

Napoli, Ren_3.

Rendiconti delle adunanze e de' lavori dell' Accademia delle scienze...; serie III*a*. 4°, Napoli; I-XIX, 1862-1880.

Newtonus, PPm.

Philosophiae naturalis principia mathematica. 4°, Londini; 1687. (Voir § 111, n° 1593.)

Nicephorus, Ast.

De astrolabio. Fol., Venetiis; 1498. (Voir § 68, n° 871.)

Nisard, CAL.

Collection des auteurs latins avec la traduction française. 8°, Paris; I-XXVII, 1840 et suiv.

Oxford, Res.

Results of astronomical and meteorological observations made at the Radcliffe Observatory, Oxford. 8°, Oxford; I-XXXVI, 1842-1878.

Panckoucke, BSL.

Bibliotheca nova scriptorum latinorum, ad optimas editiones recensita. 8°, Paris; I-CLXXVIII, 1826-1842.

Paris, ABL.

Annuaire du Bureau des Longitudes. 18°, Paris; 1798-1882.

Paris, AEn$_2$.

Annales scientifiques de l'École normale supérieure; 2e série. 4°, Paris; I-IX, 1872-1880.

Paris, Crh.

Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 4°, Paris; I-XCV, 1835-1882.

Paris, His.

Histoire de l'Académie des sciences avant son renouvellement en 1699. 4°, Paris; I-XI, 1729-1733.

Les volumes III-XI ont pour titre Mémoires de l'Académie...

Paris, H & M.

Histoire de l'Académie des sciences, avec les mémoires de mathématique et de physique tirés des registres de cette Académie. 4°, Paris; 1699-1790.

Paris, Ins.

Histoire de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, avec les Mémoires de littérature tirés des registres de cette Académie. 4°, Paris; I-L, 1707-1809.

Paris, Ins'.

Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres de l'Institut de France. 4°, Paris; I-XXX, 1815-1879.

Paris, JEP.

Journal de l'École Polytechnique ou bulletin du travail fait à cette école. 4°, Paris; I-XXX, 1794-1881.

Paris, Mém$_1$.

Mémoires de l'Institut de France; sciences mathématiques et physiques. 4°. Paris; I-XIV, 1798-1818.

Paris, Mem$_2$.

Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France. 4°, Paris; I-XLI, 1818-1879.

Paris, MOb.

Annales de l'Observatoire de Paris; mémoires. 4°, Paris; I-XV, 1855-1880.

Paris, Mpl.

Mémoires présentés par divers savants à l'Académie royale des Inscriptions et Belles-Lettres de l'Institut de France. Ire série : sujets divers d'érudition. 4°, Paris; I-VIII, 1844-1869.

Paris, Mpr$_1$.

Mémoire de mathématiques et de physique présentés à l'Académie des sciences par divers savants. 4°, Paris; I-XI, 1750-1786.

Paris, Mpr$_2$.

Mémoires présentés à l'Institut par divers savants; sciences mathématiques et physiques. 4°, Paris; I-II, 1806-1811.

Paris, Mpr$_3$.

Mémoires présentés à l'Académie par divers savans; sciences mathématiques et physiques. 4°, Paris; I-XXVI, 1827-1879.

Paris, MRD.

Recueil de mémoires, rapports et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil. 4°, Paris; I-II, 1874-1878.

Paris, N & E.

Notices et Extraits des Manuscrits de la Bibliothèque du Roi. 4°, Paris; I-XXII, 1787-1874.

Paris, Obs.

Annales de l'Observatoire de Paris; observations. 4°, Paris; I-XXIII, 1858-1871, plus les observations des années 1874-1877 [sans tomaison].

Paris, Rec.

Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie des sciences. 4°, Paris; I-IX, 1732-1777.

Paris, ROb.

Recueil d'observations faites en plusieurs voyages pour perfectionner l'astronomie et la géographie. Fol. Paris; 1693.

Petavius, Doc.

Opus de doctrina temporum. Fol., Parisiis; I-III, 1627-1636. (Voir § 68, n° 867.)

Petropolis, Act.

Acta Academia scientiarum Petropolitanae. 4°, Petropoli; 1777-1782.

Les lettres his signifient Historia.

Petropolis, Cii.

Commentarii Academiae scientiarum Petropolitanae. 4°, Petropoli; I-XIV, 1727-1751.

Petropolis, NAc.

Nova acta Academiae scientiarum Petropolitanae. 4°, Petropoli; I-XV, 1787-1806.

Les lettres his signifient Historia.

Petropolis, NCi.

Novi commentarii Academiae scientiarum Petropolitanae. 4°, Petropoli; I-XX, 1750-1776.

Les lettres his signifient Historia.

Potsdam, Pub.

Publicationen des astrophysikalischen Observatoriums. 4°, Potsdam; n^{os} I-VIII, 1879-1881.

Prag, Abh$_5$.

Abhandlungen der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften; Vte Folge. 4°, Prag; I-XIV, 1841-1866.

Proclus, Sph.

De sphaera liber. 8°, Basileae, 1547. (Voir § 68, n° 862.)

Ptolemaeus, MCo.

Magna compositio. Fol., Venetiis, 1515. (Voir § 55, n°s 450-453.)

Reizius, PmG.

Poetae minores graeci. 8°, Oxonii; I-IV, 1814-1820. (Voir § 68, n° 855.)

Ricciolus, Alm.

Almagestum novum. Fol., Bononiae; I-II, 1651.

Ricciolus, Ara.

Astronomia reformata. Fol., Bononiae; I-II, 1665.

Roma, Att.

Atti dell'Accademia Pontificia dei Nuovi Linci. 4°, Roma, I-XXXI, 1847-1878.

Roma, Att$_1$'.

Atti della Reale Accademia dei Nuovi Lincei. 4°, Roma; XXIV-XXVI, 1871-1873.

Roma, Att$_2$'.

Atti della Reale Accademia dei Lincei; serie II*a*. 4°, Roma; I-III, 1874-1876.

Roma, Mem.

Atti della Reale Accademia dei Lincei; serie III*a*. — Memorie della classe di scienze fisiche, matematiche e naturali. 4°, Roma; I-X, 1877-1881.

Roma, MOs$_1$.
Memorie dell'Osservatorio dell'Università gregoriana in Collegio Romano. 4°, Roma, 1850-1851.

Roma, MOs$_2$.
Memorie dell'Osservatorio del Collegio Romano. 4°, Roma; 1852-1857.

Roma, MOs$_3$.
Memorie dell' Osservatorio del Collegio Romano; nuova serie. 4°, Roma; I-II, 1859-1863.

Roma, Oss.
Memoria intorno [al alcune] a parecchie osservazioni fatte nella specola dell' Universitá gregoriana in Collegio Romano. 4°, Roma; 1838-1843.

Roma, Tra.
Atti della Reale Accademia dei Lincei; serie III*a*. — Trasunti. 4°, Roma; I-V, 1877-1881.

Saint Pétersbourg, Bul$_1$.
Bulletin scientifique publié par l'Académie des sciences de St. Pétersbourg. 4°, St. Pétersbourg; I-X, 1836-1842.

Saint Pétersbourg, Bul$_2$.
Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg. 4°, St. Pétersbourg; I-XVII, 1843-1859.

Saint Pétersbourg, Bul$_3$.
Bulletin de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg. 4°, St. Pétersbourg; I-XXVI, 1860-1880.

Saint Pétersbourg, Mél.
Mélanges mathématiques et astronomiques tirés du Bulletin de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg. 8°, St. Pétersbourg; I-V, 1853-1881.

Saint Pétersbourg, MAc.
Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg, avec l'histoire de l'Académie. 4°, St. Pétersbourg; I-XI, 1809-1830.

Saint Pétersbourg, Mem.
Mémoires de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg; VIIe série. 4°, St. Pétersbourg; I-XXVIII, 1859-1880.

Saint Pétersbourg, MSm$_1$.
Mémoires des sciences mathématiques, physiques et naturelles de l'Académie de St. Pétersbourg. 4°, St. Pétersbourg; I-II, 1831-1833.

Saint Pétersbourg, MSm$_2$.
Mémoires des sciences mathématiques et physiques de l'Académie de St. Pétersbourg; Ire section. 4°, St. Pétersbourg; III-IX, 1838-1859.

Sanctandreas, AvS.
Astronomica veterum scripta isagogico graeca et latina. 8°, Heidelbergae; 1589. (Voir § 68, n° 864.)

Souciet, Obs.
Observations mathématiques, astronomiques, géographiques, chronologiques et physiques, tirées des anciens livres chinois, ou faites nouvellement aux Indes et à la Chine. 4°, Paris; I-III, 1729-1732.

Spettr. ital, Mem.
Memorie della Società degli spettroscopisti italiani. 4°, Palermo puis Roma; I-X, 1872-1881.

Stephanus, PGp.
Poeta graeci principes heroici et alii nonnulli. Fol., Genevae; 1566.

Stockholm, Hdl_1.

Svenska vetenskaps Akademiens Handlingar. 8°, Stockholm; I-XL, 1739-1779.

Stockholm, Hdl_1'.

Abhandlungen der swedischen Akademie der Wissenschaften. 8°, Leipzig; I-XLI, 1739-1779.

Traduction allemande de la collection précédente.

Stockholm, Hdl_2.

Svenska vetenskaps Akademiens nya Handlingar. 8°, Stockholm; 1780-1812.

Stockholm, Hdl_2'.

Neue Abhandlungen der Swedischen Akademie der Wissenschaften. 8°, Leipzig; 1780-1791.

Traduction allemande des premiers volumes de la collection précédente.

Stockholm, Hdl_3.

Svenska vetenskaps Akademiens Handlingar. 8°, Stockholm; 1813-1854.

Struve, SMm.

Stellarum duplicium et multiplicium mensurae micrometricae. Fol., Petropoli; 1837.

Torino, Att.

Atti dell' Accademia delle scienze. 8°, Torino; I-XV, 1866-1880.

Torino, Mem_1.

Memorie dell'Accademia delle scienze di Torino. 4°, Torino; XXIII-XL, 1818-1838.

Torino, Mem_2.

Memorie dell'Accademia delle scienze di Torino; serie II*a*. 4°, Torino; I-XXXI, 1839-1879.

Turin, Mél.

Mélanges de philosophie et de mathématiques de la Société royale de Turin. 4°, Turin; II-V, 1760-[1775].

Turin, $Mém_0$.

Mémoires de l'Académie des sciences de Turin. 4°, Turin; I-XXII, 1786-1816.

Utrecht, Rch.

Recherches astronomiques de l'Observatoire d'Utrecht. 4°, La Haye; I-II, 1861-1864.

Valderus, Sph.

Sphaera atque astrorum coelestium ratio, natura et motus. 4°, Norimbergae; 1551. (Voir § 68, n° 860.)

Washington, Ast.

Astronomical papers prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac. 4°, Washington; I, 1880.

Washington, Obs_1.

Astronomical observations made at the National Observatory, Washington. 4°, Washington; I-VI, 1846-1867.

Washington, Obs_2.

Astronomical and meteorological Observations made at the U. S. Naval Observatory, Washington. 4°, Washington; 1861-1877.

Wien, Ann_1.

Annalen der Sternwarte in Wien. Fol., Wien; I-XX, 1821-1840.

Wien, Ann_2.

Annalen der Sternwarte in Wien; neue Folge. 4°, Wien; I-XIV, 1841-1851.

Wien, Ann$_3$.

Annalen der Sternwarte in Wien; III[te] Folge. 8°, Wien; I-XXVI, 1851-1877.

Wien, Dks.

Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften; mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Fol. puis 4°, Wien; I-XXXIX, 1850-1879.

Wien, Stz.

Sitzungsberichte, mathematisch- naturwissenschaftlichen Classe der Akademie der Wissenschaften. 8°, Wien, 1849-1880.

Wolf, Mth.

Astronomische Mittheilungen. 8°, Zurich; I-V, 1856-1880.

Zürich, Vjh.

Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 8°, Zürich; I-XXV, 1856-1880.

DEUXIÈME SECTION.

AdM.

Archiv der Mathematik und Physik, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Lehrer an höheren Unterrichtsanstalten, begründet von *J. A. Grunert*. 8°, Greifswald & Leipzig; I-LXVII, 1841-1881.

AdP.

Annalen der Physik von *L. W. Gilbert*. 8°, Halle & Leipzig; I-LXXVI, 1799-1824.

AJl.

The astronomical Journal, by *B. A. Gould*. 4°, Cambridge (Mass.); I-VI, 1851-1861.

AJS$_1$.

The American Journal of Science und arts, founded by *B. Silliman*. 8°, New Haven, I-XLIX, 1818-1845.

AJS$_2$.

The American Journal of science and arts; II[nd] series. 8°, New Haven; I-L, 1846-1870.

AJS$_3$.

The American Journal of science and arts; III[rd] series. 8°, New York & New Haven; I-XXIII, 1871-1882.

ANn.

Astronomische Nachrichten, begründet, von *H. C. Schumacher*. 4°, Altona, puis Kiel; I-CI, 1823-1882.

Les lettres Erg désignent le Ergänzungs-Heft, 1849.

APC$_1$.

Annalen der Physik und Chemie, begründet von *J. C. Poggendorff*. 8°, Leipzig, puis Berlin; I-CLX, 1824-1877.

Arc$_1$.

Supplément à la Bibliothèque universelle; archives des sciences physiques et naturelles. 8°, Genève; I-XXXVI, 1846-1857.

Arc$_2$.

Bibliothèque universelle et revue suisse; archives des sciences physiques et naturelles; nouvelle période. 8°, Genève; I-LXIV, 1858-1878.

Arc$_3$.

Bibliothèque universelle; archives des sciences physiques et naturelles; IIIe période. 8°, Genève, I-VI, 1879-1881.

ARr.

The Astronomical Register, a medium of communication for amateur observers. 8°, London; I-XIX, 1863-1881.

AsN.

Astronomical Notices, by *Brünnow, F.* 8°, Ann Arbor; I-II, 1861-1861.

BaJ.

Berliner astronomisches Jahrbuch. 8°, Berlin; 1776-1883.

BdB.

Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche, pubblicato de *B. Boncompagni*. 4°, Roma; I-XIII, 1868-1880.

Bma$_1$.

Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques; par *G. Darboux* et autres. 8°, Paris; I-XI, 1870-1876.

Bma$_2$.

Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques; IIe série, par *G. Darboux* et autres. 8°, Paris; I-IV, 1877-1880.

BSm.

Bulletin des sciences mathématiques, astronomiques, physiques et chimiques, par *A. de Férussac*. 8°, Paris; I-XVI, 1824-1831.

Bun$_1$.

Bibliothèque universelle des sciences. 8°, Genève; I-LX, 1816-1835.

Bun$_2$

Bibliothèque universelle de Genève; nouvelle série. 8°, Genève; I-LX, 1836-1845.

Cas.

Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique, par *F. de Zach*. 8°, Gênes; I-XV, 1818-1826.

CdT.

Connaissance des temps à l'usage des astronomes et des navigateurs. 8°, Paris; 1760-1884.

Cmp.

Correspondance mathématique et physique, commencée par *J. G. Garnier* et *A. Quetelet*, continuée par *A. Quetelet* à partir du tom. III. 8°, Gand, puis Bruxelles; I-XI, 1825-1839.

EfM.

Effemeridi astronomiche calcolate pel meridiano di Milano. 8°, Milano; 1806-1874.

Enc.

Encyclopédie ou dictionnaire méthodique des sciences, des arts et des métiers. Fol., Neuchâtel [Paris]; I-XVII, 1751-1766. (Voir § 40, n° 220).

EpM.

Ephemerides astronomicae ad meridianum mediolanensem supputatae. 8°, Mediolani; 1775-1805.

EpV.

Ephemerides astronomicae ad meridianum vindobonensem calculis definitae. 8°, Vindobonae; 1757-1806.

JdM$_1$.

Journal de mathématiques pures et appliquées, fondé par *J. Liouville*. 4°, Paris; I-XX, 1836-1855.

JdM_2.

Journal de mathématiques pures et appliquées; nouvelle série. 4°, Paris; I-XIX, 1856-1874.

JdM_3.

Journal de mathématiques pures et appliquées; IIIe série. 4°, Paris; I-VII, 1875-1881.

JdS_1.

Journal des sçavans. 4°, Paris; 1665-1792.

JdS_2.

Journal des savants. 4°, Paris; 1816-1835.

JdS_3.

Journal des savants; IIIe série. 4°, Paris; 1836-1880.

JfM.

Journal für die reine und angewandte Mathematik, begründet von *A. L. Crelle.* 4°, Berlin; I-LXXXIX, 1826-1880.

JnP_2.

Journal of natural philosophy, chemistry and the arts, by *W. Nicholson;* new series. 4°, London; I-XXXVI, 1802-1813.

Kal.

Kalender für alle Stände, von *C. L. von Littrow.* 8°, Wien; 1842-1875.

MCz.

Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde, von *F. von Zach.* 8°, Gotha; I-XXVIII, 1800-1813.

NAl.

The Nautical Almanac and astronomical Ephemeris. 8°, London; 1767-1884.

Obs.

The Observatory, a monthly review of astronomy. 8°, London; I-V, 1878-1882.

PMg_1.

The philosophical magazine, by *A. Tilloch.* 8°, London; I-LXVIII, 1798-1826.

PMg_2.

The philosophical magazine, by *R. Taylor* and *R. Phillips.* 8°, London; I-XI, 1827-1832.

PMg_3

London and Edinburgh [and Dublin] philosophical magazine and Journal of science. 8°, London; I-XXXVII, 1832-1850.

PMg_4.

The philosophical magazine; IVth series. 8°, London; I-L, 1851-1875.

PMg_5.

The philosophical magazine; Vth series. 8°, London; I-XIII, 1876-1882.

Sir.

Sirius, Zeitschrif für populäre Astronomie. 8°, Leipzig; I-XV, 1868-1882.

SMr.

The sidereal messenger, a monthly journal devoted to astronomical science, by *O. M. Mitchel.* 4°, Cincinnati; I-III, [1847]-1848.

Unt.

[Wöchentliche] Unterhaltungen für Dilettanten und Freunde der Astronomie, Geographie und Witterungskunde. 8°, Leipzig & Halle; I-XI, 1847-1857.

WfA.

Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie, neue Folge. 8°, Halle; I-XXV, 1858-1882.

ZfA.

Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften herausgegeben von *B. von Lindenau* & *J. G. F. Bohnenberger*. 8°, Tübingen; I-VI, 1816-1818.

ZfM.

Zeitschrift für populäre Mittheilungen aus den Gebiete der Astronomie und verwandter Wissenschaften, von *C. A. F. Peters*. 8°, Altona; I-III, 1860-1869.

ZMP.

Zeitschrift für Mathematik und Physik, von *O. Schlömichl* u. a. 8°, Leipzig; I-XXVI, 1856-1881.

ERRATA ET ADDITIONS.

Page 13, ligne 2. Il y a une traduction allemande de la Popular astronomy de *Newcomb,* par *R. Engelmann,* sous le titre : Populäre Astronomie; 8°, Leipzig, 1881.

Page 107, après la ligne 8, ajoutez : **Bechstein, L.,** Geschichte der Astrologie; 8°, Gondershausen, 1860.

Page 113, n° 674. La traduction anglaise du Sidereus muncius de *Galilée* est par *E. C. Stafford.*

Page 117, ligne 10 en remontant. Ajoutez l'Observatoire de Poulkova aux établissements qui possèdent le vol. II de la Machina coelestis de *Hevelius.*

Page 129, au bas. Ajoutez une autre édition des œuvres de *Cusa :* Opera omnia; fol., Basileae, 1565.

Page 149, ligne 5. Ajoutez une 4e édition du Lehrbuch der sphärischen Astronomie de *Brünnow,* qui a paru en 1880, 8°, Berlin.

Page 234, ligne 16 en remontant. Au lieu de **London,** PTr, **1746,** lisez **1764.**

Page 238, ligne 13 en remontant. Au lieu de *Duvancel,* lisez *Duvaucel.*

Page 249, ligne 8. Au lieu de : qui ont été imprimés en 1846, il faut : qui ont été imprimés en 1834 et 1846.

Page 272, ligne 7 en remontant. Au lieu de : moyens mouvements sont variables, lisez : sont invariables.

Page 318, ligne 2. Le n° 1669 doit être changé en 1667.

Page 335, ligne 7. La date 1880 doit être remplacée par 1850.

Page 368, ligne 9. La première édition du Cosmotheoros de *Huygens* est 1698. Celle de 1699 est déjà une réimpression.

Page 374, ligne 7. Au lieu de 1727, lisez 1827.

Page 374, après le n° 1948 il faudrait mentionner :

Hansen, P. A. Uebersicht des Sonnensystems. Jahrbuch herausgegeben von H. C. Schumacher, 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1837, p. 65-141.

Page 380, ligne 2 en remontant. Ajoutez que les tables de *Magini* étaient désignées sous le nom de Tabulae tychonicae.

Page 440, ligne 8. Au lieu de p. 136, lisez p. 236.

Page 447, lignes 6 et 7. Au lieu du signe + il faut le signe — aux termes en t^2.

Page 505. Ajoutez les deux déterminations suivantes de la densité moyenne de la Terre :

1879. Poynting, à la balance de torsion. (London, Pro, XXVIII, 2). 5,69

1881. Von Jolly, par des pesées à des niveaux différents. (München, Abh_2, XIV, II, 1881) 5,692

Page 523, ligne 12 en remontant. Au lieu de cap. 1, lisez cap. 3.

Page 555, ligne 13. Ajoutez que la liste de taches de la Lune de *T. Mayer* est reproduite dans The Edinburgh Encyclopaedia, 4°, Edinburgh; vol. II, 1810, p. 625.

Page 565, ligne 8 en remontant. Les recherches de *Hartwig* conduisent à une libration physique de 1",3, ou sélénocentriquement 4',2.

Page 596, deuxième valeur de E. Au lieu de E = 10° 10′ 47″, lisez E = 10° 40′ 47″.

Page 630. La petite planète 212 a reçu le nom de Medea; celle 216 le nom de Cleopatra; celle 218, le nom de Bianca; et celle 219, le nom de Thusnelda.

Page 757, n° 2796. L'auteur n'est pas *J. J. Littrow*, mais *C. L. von Littrow*.

Page 780, tableau en tête, colonne : Distance périhélie, ligne dernière. Au lieu de 9,598 900 6, lisez 0,598 900 6.

Page 906, n° 3076. Au lieu de **Smyth, W. A.**, lisez **Smyth, W. H.**

Page 912, n° 3100. Au lieu de **Legentil, J. B.**, lisez **Legentil, G.**

Page 922, n° 3160. Ajoutez une 7e édition, 1882.

Page 942, après la ligne 2, ajoutez : A l'Observatoire particulier de *L. M. Rutherfurd* à New York : ouverture 0m,32; foyer 5m,5; par *Rutherfurd*.

VADE-MECUM

DE L'ASTRONOME.

CHAPITRE I.

ÉTUDE DE L'ASTRONOMIE.

§ 1. IMPORTANCE DE L'ASTRONOMIE.

L'Astronomie, dit *Laplace,* « est le plus beau monument de l'esprit humain, » (*Laplace,* Exposition du système du monde, liv. V, ch. 6, 5e éd., 2 vol. 4°, Paris, 1824, tom. II, p. 411). Il est certain que, dans sa partie mathématique, cette science possède à la fois un caractère de certitude et de grandeur qui la place au-dessus des autres. Les objets dont elle s'occupe ont toujours eu aux yeux des hommes une importance et un attrait considérables. Les philosophes, les écrivains, les poëtes, ont témoigné de leur admiration pour cette branche des connaissances humaines. On peut citer, entre autres, dans l'antiquité :

Anaxagoras, d'après *Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. II, cap. 10;

Plato, Epinomis [G];

Virgilius, Georgica [L], lib. II, v. 475;

Horatius, Epistolae [L], lib. I, n° 12;

Ovidius, Fasti [L], lib. I, v. 297;

Plinius, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 12;

Clemens Alexandrinus, Stromata [G], lib. VI, cap. 11.

Dans les temps modernes :

Tasso, Gierusalemme liberata, lib. XVIII, ott. 12;

La Fontaine, Fables, liv. XI, nº 4 (Songe d'un habitant du Mogol);

Kästner, Lobrede der Astronomie, dans le Hamburgisches Magazin oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen, 8°, Hamburg, vol. XXVI, 1762; traduit en russe dans le Ejemesiatschniïa sotschineniïa i izvestiïa o outschenikh delakh, 8°, Sankt Peterbourg, année 1764, p. 165.

De Fontanes, Essai sur l'Astronomie, dans l'Almanach des Muses, 12°, Paris, année 1789; réimprimé avec additions dans le Mercure de France, 1807; reproduit dans les OEuvres de Fontanes, 2 vol. 8°, Paris, 1839, t. I, p. 14-25.

§ 2. CLASSIFICATION DES LIVRES DIDACTIQUES.

Il y a deux manières d'entamer l'étude d'une science : par l'observation directe ou par la lecture des auteurs. Nous réservons pour les deux derniers chapitres de cet ouvrage, tout ce qui se rapporte à la pratique des observations. Nous allons nous borner pour le moment à l'étude des faits et des théories de la science par la lecture.

Nous partageons les livres didactiques d'Astronomie en quatre séries distinctes, suivant le degré de l'enseignement auquel ils se rapportent. Nous appelons les plus simples du nom de *Rudiments.* Nous nommons *Éléments,* ceux qui sont un peu plus élevés. Les *Traités* proprement dits sont, pour nous, les ouvrages dans lesquels la science est enseignée, d'une manière plus ou moins complète, dans ses traits généraux. Enfin nous plaçons sous le titre de *Grands ouvrages didactiques,* ceux qui entrent dans le détail des principales questions spéciales, et qui appartiennent à la classe la plus élevée.

§ 3. RUDIMENTS EN LANGUE FRANÇAISE.

En fait de premiers rudiments et d'ouvrages élémentaires, peu de sciences ont une aussi riche littérature que l'Astronomie. Mais en même temps peu de sciences sont aussi difficiles à exposer au vulgaire. Les différentes langues de l'Europe nous offrent une variété d'ouvrages qui ont pour but l'enseignement de l'Astronomie, en un petit nombre de leçons ou d'entretiens, et sans le secours des calculs. Il ne résulte le plus souvent, de la lecture de ces livres, que des notions fort incomplètes, tronquées, insuffisantes, quand elles ne sont pas tout à fait fausses. Nous croyons cependant devoir donner une liste des plus connus de ces ouvrages populaires, sans trop en recommander la lecture, même aux commençants. Nous les rangeons par langues, en présentant en premier lieu ceux des langues latines, pour passer ensuite à ceux des langues germaniques, et en dernier lieu des langues slaves.

1. **Lalande, J. J. de.** Astronomie; 12°, Paris, 1786 [dans la Bibliothèque universelle des Dames; VIIIe classe]. — Astronomie des Dames, 2e éd., 16°, Paris, 1795. — Plusieurs réimpressions, entre autres, avec les Entretiens sur la pluralité des mondes, par *Fontenelle* : 12°, Paris, 1820; 8°, Paris, 1826; 12°, Paris, 1841.

Traductions.

Astronomiia dla plci (par *S. Skomarowski*); 12°, Glücksberga, 1821.

L'Astronomia delle Dame (par *G. Taddei*); 8°, Napoli, 1821.

Astronomia del bel sesso (par *B. Parea*); 16°, Milano, 1836.

2. **Berquin, A.** Introduction familière à la connaissance de la nature, traduction libre de l'anglais de Miss *Trimmer;* 12°, Paris, 1787 (formant le t. XVIII de ses OEuvres). — Nouvelles éditions, 18°, Paris, 1803; 18°, Paris, 1821; 12°, Paris, 1822; 18°, Paris, 1825. — Réimprimé sous le titre : Astronomie pour la jeunesse ou le système du monde expliqué aux enfants; 16°, Paris, 1852.

Ce petit ouvrage, qu'on retrouve dans les nombreuses éditions des OEuvres de *Berquin,* contient une exposition élémentaire assez exacte du système du monde, occupant 64 pages dans l'édition originale.

3. L'Astronomie, traduit de *Squire;* voir § 6, n° 15.

4. **Quetelet, A.** Astronomie populaire; 18°, Bruxelles, 1827. — Réimpr., 1832; 2e éd., 18°, Bruxelles, 1837.

Traductions.

Volkssterrekunde (par *C. Meerts*); 12°, Brussel, 1827.

Astronomia populare (par *Ghirelli*); 8°, Roma, 1829. — Réimpr., 12°, Milano, 1832.

5. Astronomie des demoiselles, traduit de *Ferguson;* voir § 6, n° 14.

6. **Jambon, R.** Nouveau cours démonstratif et élémentaire d'Astronomie, à la portée des gens du monde; 8°, Paris, 1828.

7. Nouveau manuel d'Astronomie, traduit de *Tomlinson;* voir § 6, n° 17.

8. **Mutel, A.** Éléments d'Astronomie, ou cosmographie; 12°, Paris, 1840. — Éditions successives: 1841, 1843, 1848.

9. **Guillemin, A.** Les mondes; causeries astronomiques; voyage pittoresque dans l'univers visible; 18°, Paris, 1861. — 2e éd., 18°, Paris, 1863

10. Le livre de la nature, traduit de *Schödler;* voir § 7, n° 23.

11. **Houzeau, J. C.** Le ciel mis à la portée de tout le monde; 12°, Bruxelles, 1873. — Nouveaux tirages, 12°, Bruxelles, 1877; 12°, Bruxelles, 1881.

§ 4. RUDIMENTS EN LANGUE ITALIENNE.

12. Traductions de *Lalande;* voir § 3, n° 1.

§ 5. RUDIMENTS EN LANGUE ESPAGNOLE.

13. **Anguli, J. C. J.** Asronomia para todos eu doce lecciones o sea demostracion del mecanismo celeste en términos claros y palpables, sin necesitad de estudios geometricos; 8°, Gerono, 1829.

§ 6. RUDIMENTS EN LANGUE ANGLAISE.

14. **Ferguson, J.** An easy introduction to Astronomy for young gentlemen and ladies, in ten dialogues; 8°, London, 1764. — Réimprimé, 8°, London, 1769, 1779.

Traductions.

Anfangsgründe der Sternseherkünst für die Jugend; 8°, Leipzig, 1771.

Natschlinia osnowania Astronomii wi polizi jonoschestwa; 8°, Moskwa, 1802.

Astronomie des demoiselles, ou entretiens entre un frère et sa sœur, sur la mécanique céleste, démontrée et rendue sensible sans le secours des mathématiques (par *L. Quétrin*); 12°, Paris, 1827. — Éd. augmentée, 12°, Paris, 1835.

15. **Squire, T.** Astronomy in twenty-two lessons, or the beauties of heavens explained without use of mathematics; 12°, London, 1822. — De nombreuses éditions successives, la 13e en 1835.

Traductions.

L'Astronomie enseignée en vingt-deux leçons, ou les merveilles du Ciel expliquées sans le secours des mathématiques (par *P. C[oulie]r*); 12°, Paris, 1823. — De nombreuses éditions se sont succédé, avec de légères variantes dans le titre; la 16e, corrigée et augmentée, est 8°, Paris, 1835.

Darstellung des grossen Weltgebäudes, in 22 Vorlesungen, ohne Hülfe der Mathematik (traduction allemande faite par *A. H. C. Gelpke* sur la version française); 8°, Ilmenau, 1825.

Astronomia zawarta we 22 lekcyach, w ktoryeh wszytkie fenomena mibieskie bez pomocy mathumatyki sa wylozom (par *W. Karczewski*); 8°, Wilno, 1826.

16. **Olmsted, D.** The mechanism of heavens, familiar illustrations of Astronomy and knowledge of the stars; 8°, New York & London, 1853. — Réimpr. 1859.

17. **Tomlinson, L.** Recreations in Astronomy with a glossary; 8°, London, 1840. — 2e éd., 8°, London, 1842; d'autres éditions ont suivi, la 5e, 8°, London, 1853.

Traduction.

Nouveau manuel complet d'Astronomie amusante (par *S. Vergniaud*); 18°, Paris, 1843. — Réimpr., 18°, Paris, 1844.

18. **Lardner, D.** Popular Astronomy; 2 part. 8°, London, 1856-1857. — New edit., 12°, London, 1878.

Volume illustré.

§ 7. RUDIMENTS EN LANGUE ALLEMANDE.

19. Anfangsgründe der Sternseherkunst, traduit de *Ferguson*; voir § 6, n° 14.

20. **Gelpke, A. H. C.** Lehrbuch einer populäre Himmelskunde; 8°, Leipzig, 1815. — Des éditions successives, 8°, Hannover. Le titre devient en 1825 : Allgemeinfassliche Betrachtungen über die grossen Wunderwerke des Weltalls; puis dans la 5e édition, 1837, très-augmentée : Populäre Himmelskunde, oder allgemeinfassliche Betrachtungen über die grossen Wunderwerke des Weltalls.

Traductions.

Betragtninger over himlen (par *G. F. K. Ursin*); 8°, Kjobenhaven, 1834.

Beschouwing van het heelal of volks-leesboek over de Sterrekunde (par *W. Gleuns*); 8°, Groningen, 1834.

21. Darstellung des grossen Weltgebäudes, traduit de *Squire;* voir § 6, n° 15.

22. **Fleischhauer, J. H.** Versuch einer gemeinfasslichen, nur auf Elementarschulkenntnisse gegründeten Volkssternkunde für Schule und Haus; 12°, Darmstadt, 1844.

23. **Schödler, F.** Das Buch der Natur, die Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Physiologie, Botanik und Zoologie umfassend; 2 vol. 8°, Braunschweig, 1840. — L'Astronomie est dans le Ier volume. Ce livre a eu en Allemagne un immense succès, et a passé par de très-nombreuses éditions, la 19e, 2 vol. 8°, Braunschweig, 1874, a, pour l'Astronomie, 2 cartes célestes, 1 carte de la Lune et beaucoup de figures sur bois.

Traduction.

Le livre de la nature ou leçons élémentaires de physique, d'Astronomie, de chimie, de minéralogie, de géologie, de botanique, de physiologie et de zoologie, traduit sur la 14e éd. (par *A. Scheler*); 2 vol. 8°, Bruxelles, 1865.

24. **Götz, J.** Die wichtigsten Lehren aus der Astronomie und Meteorologie; 8°, Berlin, 1841.

25. **Stern, M. A.** Himmelskunde, volksfasslich bearbeitet [dargestellt]; 8°, Karlsruhe, 1844. — Réimpr., Stuttgart, 1846; 2e éd. augmentée, 8°, Stuttgart, 1854.

26. **Jahn, G. A.** Katechismus der Astronomie, Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender; 16°, Leipzig, 1851. — 2e éd., 8°, Leipzig, 1853; 3e éd. (revue par *R. Schurig*), 8°, Leipzig, 1859; 5e éd. (mise au courant par *A. Drechsler*), petit 8°, Leipzig, 1874.

Traductions.

Catechismus der Astronomie, of onderrigtingen, aangaande den sterrenhemel, de Aarde en den kalender (par *J. van Oven*); 8°, Utrecht, 1852.

Astronomiens hovedlaerdomme; en almenfattelig fremstilling af laeren om stjernehimlen (traduit sur la 5e édition); 8°, Kjobenhavn, 1875.

27. **Schmitz, J. W.** Astronomie für Alle, Erklärung der merkwürdigsten Erscheinungen und Bewegungen im Weltraume; 12°, Köln, 1852.

Traduction.

Astronomi fôr alla; 8°, Stockholm, 1852.

28. **Bernhardi, F. E.** Asträa; Briefe über Astronomie an eine Dame; 16°, Hannover, 1853. — 2e éd., 16°, Hannover, 1858.

§ 8. RUDIMENTS EN LANGUE HOLLANDAISE.

29. Volkssterrekunde, traduit de *A. Quetelet;* voir § 3, n° 4.

30. Beschouwing van het heelal, traduit de *Gelpke;* voir § 7, n° 20.

31. Catechismus der Astronomie, traduit de *Jahn;* voir § 7, n° 26.

§ 9. RUDIMENTS EN LANGUE DANOISE.

32. Betragninger over himlen, traduit de *Gelpke;* voir § 7, n° 20.

33. Astronomiens hovedlaerdomme, traduit de *Jahn;* voir § 7, n° 26.

§ 10. RUDIMENTS EN LANGUE SUÉDOISE.

34. Astronomi fôr alla, traduit de *Schmitz;* voir § 7, n° 27.

§ 11. RUDIMENTS EN LANGUE POLONAISE.

35. Astronomiia dla plci, traduit de *Lalande;* voir § 3, n° 1.

36 Astronomia, traduit de *Squire;* voir § 6, n° 15.

§ 12. RUDIMENTS EN LANGUE RUSSE.

37. Natschlinia osnowania Astronomii, traduit de *Ferguson;* voir § 6, n° 14.

38. Seleny, C. Lektzij populiarnoï Astronomii; 8°, Sankt Peterbourg, 1844.

§ 13. ÉLÉMENTS EN GÉNÉRAL.

Les difficultés qui se présentaient pour les Rudiments se rencontrent encore en partie pour les traités élémentaires. Ceux-ci sont fort nombreux, dans toutes les principales langues de l'Europe; mais il y en a bien peu desquels on puisse retirer une instruction nette et solide. Nous allons présenter la liste de ceux qui ont eu ou qui ont encore une réputation établie. Le nombre d'éditions par lequel la plupart d'entre eux ont passé, donne une idée de l'intérêt qui s'attache, dans le public, à l'étude de l'Astronomie.

Ce n'est pas sans quelque peine que nous sommes parvenus à former le tableau de tant de réimpressions, de rééditions et de traductions, dans la série desquelles les titres reçoivent parfois des changements considérables, pendant que l'ouvrage prend une extension successive. Ce travail était d'autant plus difficile que les bibliothèques des Observatoires, sans excepter celle de Poulkova, sont relativement très-pauvres de ces ouvrages, dont les hommes spéciaux ont peu de chose à retirer. Il nous a paru cependant qu'un pareil relevé devait trouver place dans le présent travail.

Nous n'avons pas remonté, dans cette bibliographie, au delà de l'époque de Newton; nous n'avons même cité, en fait d'Éléments du dix-huitième siècle, que les plus répandus et les plus importants. Nous avons un peu étendu la liste, en arrivant aux temps plus modernes. Les traités généraux antérieurs à Newton figurent au chapitre II, lorsqu'il s'agit d'ouvrages ayant une valeur historique.

§ 14. ÉLÉMENTS EN LATIN.

39. **Hennert, J. F.** Institutiones Astronomiae, gnomonices, chronologiae, geographiae, artisque nauticae, scholis privatis accommodatae; 8°, Trajecti ad Rhenum, 1778.

§ 15. ÉLÉMENTS EN FRANÇAIS.

40. **Lalande, J. J. de.** Abrégé d'Astronomie; 8°, Paris, 1774.— Réimpr., 8°, Amsterdam, 1774; 2e éd., 8°, Paris, 1795.

Traductions.

Astronomisches Handbuch, oder die Sternkunst in einen kurzen Lehrbegriff verfasset; 8°, Leipzig, 1775.

Compendio d'Astronomia, colle tavole (par *G. Toaldo*); 4°, Padova, 1777. — 2e éd., augmentée par *V. Chiminello;* 4°, Padova, 1796.

Sokrastchenie Astronomii (par *M. Golowin*); 8°, Sankt Peterbourg, 1789.

41. **Quetelet, A.** Astronomie élémentaire; 12°, Paris, 1826. — 2e éd. revue, 12°, Paris, 1834; réimpr., 2 vol. 18°, Bruxelles, 1834. — Éléments d'Astronomie, 3e éd. du même ouvrage, 18°, Paris, 1847; 4e éd., 2 vol. 12°, Bruxelles, 1848 [dans l'Encyclopédie populaire].

Traduction.

Astronomia; 12°, Roma, 1834. — Nouv. éd., 16°, Torino, 1851.

42. **Veley, E. de.** Cours élémentaire d'Astronomie; 8°, Lausanne, 1833.— 2e éd., 8°, Lausanne, 1835; 3e éd., 8°, Lausanne, 1836.

43. Traité [manuel] d'Astronomie, traduit de *J. Herschel;* voir § 19, n° 65.

44. Cosmos, traduit de *A. de Humboldt;* voir § 20, n° 101.

45. **Mutel, A.** Système de l'univers ou études sur l'Astronomie, complément du cours de cosmographie; 8°, Paris, 1841. — Nouv. éd., 2 vol. 8°, Paris, 1847.

46. Le firmament expliqué, traduit de *F. Kaiser;* voir § 21, n° 111.

47. **Guillemin, A.** Le Ciel, notions d'Astronomie à l'usage des gens du monde et de la jeunesse; 8°, Paris, 1864. — Éditions successives, 8°, Paris, 1865, 1867, 1869, 1876.

Traductions.

Die Wunder der Sternwelt, illustrirte Astronomie für Laien; 8°, Berlin, 1865.

The heavens, an illustrated handbook of popular Astronomy; 8°, London, 1878.

Cet ouvrage contient, outre les planches, de nombreuses gravures sur bois.

48. **Briot, C.** Cours de cosmographie ou éléments d'Astronomie; 8°, Paris, 1853. — Éditions successives : la 5e de 1871.

Pour l'enseignement des lycées et l'admission aux écoles spéciales.

49. **Liais, E.** L'espace céleste et la nature tropicale, description physique de l'univers; 8°, Paris, [1865].

Illustré par Yan Dargent.

50. **Rambosson, J.** Les astres, ou notions d'Astronomie à l'usage de tous; 12°, Paris, 1866.— 2e éd., 18°, Paris, 1869. — Développé sous le titre : Histoire des astres, Astronomie pour tous; 8°, Paris, 1874.

Traduction.

Astronomy (par *C. B. Pittmann*); 8°, London, 1875.

51. **Petit, F.** Traité d'Astronomie pour les gens du monde; 2 vol. 12°, Paris, 1866.

Traduction.

Sterrenkunde voor den beschaafden stand (par *G. B. van Goor*); 8°, Gouda, 1866.

§ 16. ÉLÉMENTS EN ITALIEN.

52. Compendio d'Astronomia, traduit de *Lalande;* voir § 15, n° 40.

53. **Cagnoli, A.** Notizie astronomiche adatte all' uso commune; 2 vol. 12°, Modena, 1799-1802. — Réimpr. : 8°, Milano, 1826; 2 vol. 12°, Reggio, 1827; 4 vol. 16°, Torino, 1830. — Seconda edizione accresciuta di annotazioni da *G. Bianchi, F. Carlini, A. Colla;* 3 vol. 12°, Parma, 1851.

54. **Bonicelli, V.** Principj di Astronomia; 8°, Bergamo, 1834. + Appendice intorno el calendario, 8°, Bergamo, 1834.

55. Astronomia, traduit de *Quetelet;* voir § 15, n° 41.

56. **Rossari, C.** Trattato di Astronomia elementare; 16°, Milano, 1843.

§ 17. ÉLÉMENTS EN ESPAGNOL.

57. Tratado de Astronomia, traduit de *J. Herschel;* voir § 19, n° 65.

58. **Argnelles, J. R.** Uranografia vulgar, ó sea representacion clara y palpable del mecanismo celeste, con una breve de la constitucion fisica del sistema planetario, y una compendiosa descripcion de la Astronomia sideral; 8°, Toledo, 1842.

59. **Carballo y Dias.** Tratado de Astronomia; 8°, Sevilla, 1870.

§ 18. ÉLÉMENTS EN PORTUGAIS.

60. **Sousa-Pinto, R. R. de.** Elementos de Astronomia; 8°, Coimbra, 1858.

§ 19. ÉLÉMENTS EN ANGLAIS.

61. **Ferguson, J.** Astronomy explained upon sir Isaac Newton's principles, and made easy to those who have not studied mathematics; 8°, London, 1756. — Les éditions suivantes sont 4°, London, savoir : en 1757, 1764, 1770, 1772, 1785, 1799. — Edition « with notes and supplementary chapters by *D. Brewster* »; 2 vol. 8° et atlas 4°, Edinburgh, 1811. Réimprimé 1821 et 1841.

Traductions.

Astronomien uppå sir Isaac Newtons grundsatser lått och begriplig gjord (par *E. Wasberg*); 8°, Strengnås, 1771. Avec une préface de *J. Serenius* et un discours préliminaire de *P. Wargentin.*

Die Astronomie nach Newtons Grundsätzen erklärt (par *N. A. J. Kirchhoff*); 8°, Leipzig, 1783. — 2ᵉ éd., 8°, Berlin, 1785; 3ᵉ éd., 8°, Berlin, 1793.

62. **Bonnycastle, J.** An introduction to Astronomy, in which the subject is familiarly explained, in a series of letters from a preceptor to his pupil; 8°, London, 1784. — Plusieurs éditions successives, 8°, London. Une dernière a été augmentée et mise au courant par *J. R. Young*, 12°, London, 1844.

63. **Hassler, F. R.** A popular exposition of the system of the universe; 8° avec atlas 4°, New York, 1828.

64. **Somerville, M.** On the mechanism of the heavens; 8°, London, 1831.

65. **Herschel, J. F. W.** A treatise on Astronomy; 8°, London, 1831. — Éditions successives, 8°, London, 1833, 1839, 1844, 1851.

Traductions.

Traité d'Astronomie (par *Peyrot*); 8°, Paris, 1834, sur l'édition de 1833.

Traité d'Astronomie (par *A. Cournot*); 8°, Paris, 1834, sur la même édition. — Réimpr. 12°, à Bruxelles, en 1835, et 8°, à Paris, en 1836.

Nouveau manuel complet d'Astronomie, ou traité élémentaire de cette science (par *A. D. Vergnaud*); 18°, Paris, 1837. — Réimpr., 18°, Paris, 1853.

Die Lehren der Astronomie (par *F. B. G. Nicolai*); 8°, Heilbronn, 1835.— 2e éd., 8°, Heilbronn, 1845.

Populäre Astronomie (par *J. Michaelis*); 8°, Leipzig, 1838.

Populair Astronomie (par *P. Pedersen*); 8°, Kjobenhavn, 1838.

Tratado de Astronomia (par *S. Montojo*); 4° oblong, Madrid, 1844.

66. **Nichol, J. P.** Views of the architecture of the heavens; 8°, Edinburgh, 1836. — Éditions successives, 8°, Edinburgh, la 4e en 1843; 5e éd., 8°, London, 1845; 9e éd., 8°, London, 1869.

67 **Bradford, D.** The wounders of the heavens, being a popular view of Astronomy; 4°, Boston, 1837. — Réimpr., 4°, Boston, 1843.

Nombreuses gravures.

68. **Blunt, C. F.** The beauty of the heavens, a pictorial display of the astronomical phenomena of the universe, with a lecture on Astronomy; 4°, London, 1842. — Réédité : 4°, London, 1845.

Ce volume contient 104 dessins, destinés à donner une idée des phénomènes astronomiques.

69. **Gay, J.** Elements of Astronomy, familiarly explaining the general phenomena of the heavenly bodies and the theory of the tides; 12°, London. — De nombreuses éditions; la 6e de 1843.

70. **Olmsted, D.** An introduction to Astronomy, designed as a text-book for the use of students in College; 8°, New York, 1847. — Plusieurs éditions; la 3e revue par *E. S. Snell;* 8°, New York, 1866.

71. **Mitchel, O. M.** The planetary and stellar worlds, a popular exposition of the great discoveries and theories of modern Astronomy; 8°, New York, 1847. — Plusieurs éditions, tant à New York qu'à Londres. Edition « with additions by *J. Glaisher,* » 8°, London, [1859]. — Réimprimé sous le titre : Popular Astronomy, a concise elementary treatise on the Sun, planets, satellites and comets, revised by *L. Tomlinson;* 8°, New York & London, 1860.

72. **Moseley, H.** Lectures on Astronomy, delivered at King's College, London; 8°, London. — Plusieurs éditions; la 3e de 1849.

Ouvrage illustré.

73. Cosmos [Kosmos], traduit de *A. de Humboldt;* voir § 20, n° 101.

74. **Lardner, D.** Handbook of natural philosophy and Astronomy; 3 vol. 8°, London, 1851-53. — L'Astronomie, formant le vol. III, a paru séparément, 8°, London, 1856; puis complétée par *E. Dunkin*, 8°, London, 1866, suivie de plusieurs autres éditions, la 4e en 1876.

75. **Hind, J. R.** The illustrated London Astronomy, for the use of schools and students; 8°, London, 1853.

76. **Galbraith, W. & Haughton, S.** Manual of Astronomy; 8°, London, 1855. — New and enlarged edit. (par *Haughton*), 8°, London, 1869.

77. **Bouvier, H. U.** Familiar Astronomy, or an introduction to the study of the heavens; 8°, Philadelphia, 1856.

78. **Loomis, E.** A treatise on Astronomy; 8°, New York, 1865. — 2e éd., 8°, New York & London, 1868; 3e éd. en 1869.

79. **Godfray, H.** A treatise ou Astronomy for the use of colleges and schools; 8°, London & Cambridge, 1866. — 2e éd., 8°, London, 1874; 3e éd., 8°, London, 1880.

80. **Lockyer, J. N.** Elementary lessons on Astronomy; 12°, London, 1868. — Plusieurs éditions, la dernière, 12°, London, 1878.

Traductions.

Astronomiens fôrsta grunder (par *J. O. Backlund*); 8°, Stockholm, 1875.

Astronomi (par *H. H. Hildebrandsson*); 8°, Stockholm, 1876.

Astronomie (par *A. Winnecke*); 8°, Strassburg, 1879.

81. Astronomy, traduit de *Rambosson;* voir § 15, n° 50.

82. **Newcomb, S.** Popular Astronomy; 8°, London, 1878.

83. The heavens, traduit de *Guillemin;* voir § 15, n° 47.

§ 20. ÉLÉMENTS EN ALLEMAND.

84. **Schmid, N.** Von den Weltkörpern, zur gemeinnützliche Erkenntniss der grossen Werke Gottes; 8°, Hannover, 1766. — Édition revue et augmentée, 8°, Leipzig, 1772; autre éd., 8°, Leipzig, 1789.

Traité d'Astronomie populaire.

85. Astronomisches Handbuch, traduit de *Lalande;* voir § 15, n° 40.

86. Die Astronomie, traduit de *Ferguson;* voir § 19, n° 61.

87. Neuestes Handbuch der Sternkunde, traduit de *Bugge;* voir § 22, n° 116.

88. **Schulze, G. L.** Das Sonnensystem so wie es jetz bekannt ist, für Lehrer und Schuler; 8°, Leipzig, 1811. — 2e éd. sous le titre : Lehrbuch der Astronomie für Schuler und zum Selbstgebrauche; 8°, Leipzig, 1821.

89. **Brandes, H. W.** Die vornehmsten Lehren der Astronomie deutlich dargestellt in Briefen an eine Freundin; 4 vol. 8°, Leipzig, 1811-1816. — Refondu et complété sous le titre : Vorlesungen über Astronomie, zur Belehrung derjenigen, denen es an mathematische Vorkenntnissen fehlt; 2 vol. 8° et atlas 4°, Leipzig, 1827.

90. **Fries, J. F.** Populäre Vorlesungen über die Sternkunde; 8°, Heidelberg, 1813. — 2e éd., 8°, Heidelberg, 1833.

91. **Littrow, J. J.** Populäre Astronomie; 2 vol. 8°, Wien, 1825. — Développé sous le titre : Die Wunder des Himmels oder gemeinfassliche Darstellung des Weltsystems; 3 vol. 8°, Stuttgart, 1834-1836. — Éditions successives à Stuttgart, revues par *C. L. von Littrow,* en 1842, en 1847, en 1854; puis à Berlin en 1865, la 6e en 1878.

Traduction.

Himmelens under, populâr Astronomi; 3 part. 8°, Stockholm, 1839-1840.

92. **Czech, A. F. d. P.** Allgemeine fassliche Anleitung zur genauern Kenntniss des Weltgebäudes; 12°, Wien, 1829. — Verm. Aufl., 12°, Wien, 1833.

93. **Littrow, J. J.** Vorlesungen über Astronomie; 2 vol. 8°, Wien, 1830.

Traduction.

Astronomitscheskia lektzia (par *N. Tarkhanoff*); 2 vol. 8°, Sankt Peterbourg, 1837-1838.

94. **Schubert, G H. von.** Lehrbuch der Sternkunde, für Schulen und zum Selbstunterrichte grossentheils ganz umgearbeitet; 8°, München, 1831. — 2e éd., 8°, München, 1832; 3e éd., 8°, Erlangen, 1847; réimpr., 8°, Frankfurt a. M., 1857.

95. Die Lehren der Astronomie [Populäre Astronomie], traduit de *J. Herschel;* voir § 19, n° 65.

96. **Moebius, A. F.** Die Haupsätze der Astronomie zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen für Gebildete zusammengestellt; 8°, Leipzig, 1836. — 2e éd., 8°, Leipzig, 1844; 3e éd., 1853; 4e éd., 1860; 5e éd., 1868; 6e éd., 1874.

97. **Richter, J. A. L.** Handbuch der populären Astronomie für die gebildeten Stände; 2 vol. 8°, Quedlinburg, 2e éd., 1839-1840.

98. **Diesterweg, F. A. W.** Lehrbuch der mathematische Geographie und populäre Himmelskunde; 8°, Berlin, 1840. — Astronomische Geographie und populäre Himmelskunde, 2te Aufl., 8°, Berlin, 1844; 3e éd., 8°, Berlin, 1844; 4e éd., 8°, Berlin, 1852. — Populäre Himmelskunde und astronomische Geographie, 5te Aufl., 8°, Berlin, 1855; 6e éd., 8°, Berlin, 1856; 7e éd., revue par *F. Strübing,* 8°, Berlin, 1858; 8e éd., 8°, Berlin, 1873; 9e éd., 8°, Berlin, 1876; 10e éd., 8°, Berlin, 1879.

On voit que le titre a été modifié plusieurs fois.

99. **Mädler, J. H.** Populäre Astronomie; 8°, Berlin, 1841. — 2e édition, sous le titre: Der Wunderbau des Weltalls oder populäre Astronomie; 8° et atlas fol., Berlin, 1846. — Puis toujours à Berlin : 3e éd., 1847; 4e éd., 1849; 5e éd., 1861; 6e éd., 1867; 7e éd., 1879.

100. **Jahn, G. A.** Populäre Sternkunde; 8°, Leipzig, 1842. — Nouv. éd., 8°, Leipzig, 1843. — 3e éd. : Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmel, eine populäre Astronomie für alle Stände, 8°, Leipzig, 1847; 4e éd., 8°, Leipzig, 1851; 5e éd., 8°, Leipzig, 1857.

101. **Humboldt, A. von.** Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung; 7 vol. 8°, Stuttgart & Tübingen, 1845-1862.

Traductions.

Cosmos, essai d'une description physique du monde (par *H. Faye* pour le premier vol., et la suite par *C. Galuski*); 5 vol. 8°, Paris, 1846-1859. — Réimprimé plusieurs fois; la 4ᵉ éd. en 4 vol. 8°, Paris, 1866.

Kosmos, ontwerp eener natuurkundige wereldbeschrijving (par *E. M. Beima*); 3 vol. 8°, Harlingen, 1847-1860. — Réimprimé en 1865-66.

Cosmos, a sketch of a physical description of the universe; 2 vol. 8°, New York, 1850. — Nous ne croyons pas que cette traduction ait été continuée au delà du vol. II.

Cosmos, a sketch of a physical description of the universe (sous la direction de *E. Sabine*); 4 vol. 8°, London, 1851-1855.

Kosmos, a sketch of a physical description of the universe (par *E. E. Othé & Dallas*); 5 vol. 8°, London, 1871.

Kosmos, opiti fisitscheskago miroopisania (par *M. Gussew*); 4 vol. 8°, Moskwa, 1848-1857.

Kosmos (par *J. Baranowski & L. Zejszner*); 2 vol. 8°, Warszawa, 1849-1851. — Cette traduction polonaise n'a pas été continuée.

C'est le tome III du Kosmos qui contient la partie uranologique. L'auteur commence par l'Astronomie sidérale formant Part. I, et considère successivement : chap. 1, espaces célestes; chap. 2, instruments et applications de l'optique à l'Astronomie; chap. 3, astrognosie; chap. 4, étoiles variables et temporaires; chap. 5, parallaxes et mouvements propres; chap. 6, étoiles multiples; chap. 7, nébuleuses. Part. II : chap, 1, le Soleil; chap. 2, les planètes; chap. 3, les comètes; chap. 4, la lumière zodiacale; chap. 5, les météorites.

Cet ouvrage est plein de remarques intéressantes et de recherches historiques très-précieuses. Il donne une excellente et juste idée de la science.

102. Bessel, F. W. Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände; 8°, Hamburg, 1848.

Publié, après la mort de l'auteur, par *H. C. Schumacher*. Ces lectures ne concernent pas toute l'Astronomie, et ne forment pas un ensemble suffisant pour composer un tableau de cette science. Nous mentionnerons néanmoins celles intitulées : Physische Beschaffenheit der Himmelskörper; Fluth und Ebbe; über den Mond.

103. Der Sternenhimmel, traduit de *F. Kaiser;* voir § 21, n° 111.

104. Schmezer, C. Die Himmelsräume und ihre Welten, ein Lesebuch zum Selbstunterricht in der Astronomie; 8°, Heidelberg, 1853. — Réimpr. 1858.

105. Wetzel, E. Allgemeine Himmelskunde, eine populäre Darstellung dieser Wissenschaft nach den neuesten Forschungen; 8°, Berlin, 1858. — Autres éd., 8°, Berlin, en 1870 et en 1875.

106. Ule, O. Die Wunder der Sternwelt, ein Ausflug in den Himmelsraum; 8°, Halle, 1859. — Réimpr., 8°, Leipzig, 1860. — Édition revue avec la coopération de *H. J. Klein*; 8°, Leipzig, 1877.

107. Natani, L. Der Himmel und die Weltkörper, eine Uebersicht der Astronomie und die Hülfswissenschaften derselben in populärem Vortrage; 8°, Berlin, 1863.

108. Die Wunder der Sternwelt, traduit de *Guillemin*; voir § 15, n° 47.

109. Hartmann, J. Grundzüge der populäre Astronomie; 8°, Passau, 1868.

110. Astronomie, traduit de *Lockyer*; voir § 19, n° 80.

§ 21. ÉLÉMENTS EN HOLLANDAIS.

111. Kaiser, F. De Sterrenhemel, beschreven en afgebeeld en de grondslagen zijner verklaring opengelegd; 2 part. 8°, Amsterdam, 1845-1847. — 2e éd., 8°, Amsterdam, 1853.

Traductions.

Le firmament expliqué; 8°, Paris, 1850.

Der Sternenhimmel (par *F. Schlegel*); 8°, Berlin, 1850.

Stjernshimlen forklaret (par *M. Oersted*); 8°, Kjobenhavn, 1850.

112. Kosmos, traduit de *A. de Humboldt*; voir § 20, n° 101.

113. Sterrenkunde, traduit de *Petit*; voir § 15, n° 51.

114. Brinkmann, B. De Sterrenwereld; 8°, Leide, 1873.

D'après *Guillemin.*

§ 22. ÉLÉMENTS EN DANOIS.

115. Soeborg, P. Stierne Catechismus for almin delig mand; 8°, Kjobenhavn, 1788.

116. Bugge, T. De firste grunde til den sphaeriske og theoretiske Astronomie, samt den mathematiske Geographie; 8°, Kiobenhavn, 1796.

Traduction.

Neuestes Handbuch der Sternkunde (par *C. G. Zahlen*); 8°, Copenhagen und Leipzig, 1798.

117. Populaer Astronomie, traduit de *J. Herschel;* voir § 19, n° 65.

118. **Olufsen, C. F. R.** Begyndelsesgrunde af Astronomien, med anwendelse paa den mathematiske geographie; 8°, Kjobenhavn, 1848.

119. Stjernshimlen forklaret, traduit de *F. Kaiser;* voir § 21, n° 111.

120. **Tuxen, J. C.** Stjerneverdenen, en almenfattelig fremstilling af verdenssystemet; plusieurs éd., la 3e, 8°, Kjobenhavn, 1872.

121. **Mohn. H. & Geelmuyden, H.** Elementaer laerebog i Astronomy; 8°, Christiania, 1876.

§ 23. ÉLÉMENTS EN SUÉDOIS.

122. Astronomien, traduit de *Ferguson;* voir § 19, n° 61.

123. **Kjellin, C. E.** Fôrsôk en elementarlârobok i Astronomien; 8°, Stockholm, 1822.

124. Himmelens, traduit de *J. J. Littrow;* voir § 20, n° 91.

125. **Bredman, J.** Theoretiska Astronomiens grunder för begynnare; 8°, Upsala, 1845.

126. **Gadelius, J. E.** Populâr Astronomi efter fullständigare arbeten sammandragen; 8°, Gôteborg, 1858.

127. Astronomien, traduit de *Lockyer;* voir § 19, n° 80.

§ 24. ÉLÉMENTS EN POLONAIS.

128. Kosmos, traduit de *A. de Humboldt;* voir § 20, n° 101.

129. **Steczkowsky, J. K.** Astronomija sposobem dla kazdego dostepnym wylozona; 8°, Krakow, 1861.

130. **Bayer, J.** Pogadanki astronomiczne; 8°, Warszawa, 1863.

2

§ 25. ÉLÉMENTS EN RUSSE.

131. Sokrastchenie Astronomii, traduit de *Lalande*; voir § 15, n° 40.

132. **Pérévostchikoff, D.** Rukowodstwo ki Astronomii; 4°, Moskwa, 1831. + Supplément, 1832. — Remanié sous le titre : Osnowania Astronomii; 4°, Moskwa, 1842.

133. Astronomitscheskia lektzia, traduit de *J. J. Littrow*; voir § 20, n° 93.

134. Kosmos, traduit de *A. de Humboldt*; voir § 20, n° 101.

§ 26. ÉLÉMENTS EN TURC.

135. **Alkudschi, A.** Miretul-Aalem; 8°, Constantinople, 1824.

C'est-à-dire le Miroir des mondes, traduit par ★. Cosmographie d'après le système de Ptolémée, imprimée en caractères taalik. Voyez le Bulletin des sciences mathématiques, astronomiques, physiques et chimiques, par *A. de Férussac*, 16 vol. 8°, Paris; vol. IV, 1825, p. 168.

§ 27. TRAITÉS LATINS.

Nous passons maintenant aux ouvrages didactiques du troisième degré, que nous avons désignés sous le nom de Traités.

136. Lectiones elementares Astronomiae, traduit de *La Caille*; voir § 28, n° 140.

137. **Keill, J.** Introductio ad veram Astronomiam sive lectiones Astronomicae habitae Oxonii; 8°, Oxònii, 1718. — Ensuite 4°, Lugduni Batavorum, 1725; ibid., 1739; Mediolani, 1742.

Traductions.

Introduction to the true Astronomy, or astronomical lectures read in the astronomical school of the University of Oxford; 8°, London, 1721. — Plusieurs éditions : la 4e, 8°, London, 1748; une autre, qui paraît avoir été la dernière, 8°, London, 1760.

Inleidinge tot de waare natuur- en sterrekunde of de natuur en sterrekundige lessen (par *J. Lulofs*); 4°, Leiden, 1741.

Cet ouvrage a servi de base aux Institutions astronomiques de *Le Monnier*; voir § 28, n° 139.

138. Weidler[us], J. F. Institutiones astronomicae selectis observationum et calculorum illustratae; 4°, Wittenbergae, 1754.

§ 28. TRAITÉS FRANÇAIS.

139. [Le Monnier, P. C.] Institutions astronomiqnes ou leçons élémentaires d'Astronomie pour servir d'introduction à la physique céleste et à la science des longitudes; 4°, Paris, 1746.

Cet ouvrage est une traduction étendue et améliorée de l'Introduction de *Keill*, voir le § précédent, n° 137.

140. Lacaille, N. L. de. Leçons élémentaires d'astronomie géométrique et physique, 8°, Paris, 1746. — Éditions successives : 8°, Paris, 1755, 1761, 1764, 1780.

Traductions.

The elements of geometrical and physical Astronomy (par *J. Robertson*); 8°, London, 1750.

Lectiones elementares Astronomiae geometricae et physicae (par *C. S[cherfer]*); 4°, Viennae & Pragae, 1757.

141. Laplace, P. S. de. Exposition du système du monde; 2 vol. 8°, Paris, (an IV) 1796. — 2ᵉ éd., 2 vol. 4°, Paris, (an VII) 1799; 3ᵉ éd., 4°, Paris, 1808; 4ᵉ éd., 4°, Paris, 1813; 5ᵉ éd., 2 vol., 4°, Paris, 1824. — Puis, après la mort de l'auteur : 6ᵉ éd., 4°, Paris, 1835, et dans les OEuvres de Laplace. — Réimpressions de Bruxelles, 8° : 1826, 1827, 1829, 1832.

Traductions.

Darstellung des Weltsystems (par *J. K. F. Hauff*); 2 vol. 8°, Frankfurt a. M., 1797.

The system of the world (par *J. Pond*); 2 vol. 8°, London, 1809.

Les éditions successives de cet ouvrage célèbre ont été retouchées par l'auteur. La première édition porte sur le titre : « à la librairie du cercle social, l'an IV de la République française. » Le premier volume a 316 pages, et le second 314. A la 5ᵉ édition a été joint, comme livre V, l'Abrégé de l'histoire de l'Astronomie (voir plus loin, chap. II, § 42, n° 252). Mais l'auteur avait retranché, au liv. I, les chap. 12, 17 et 18, qui ont été rétablis dans l'édition de 1835, faite après sa mort.

142. Hassenfratz, J. H. Cours de physique céleste, ou leçons sur l'Exposition du système du monde données à l'École Polytechnique; 8°, Paris, 1803.

143. **Francœur, L. B.** Uranographie ou traité élémentaire d'Astronomie; 8°, Paris, 1812. — Éditions successivement revues et augmentées : 8°, Paris, 1818, 1821, 1828, 1837, 1840; cette dernière reproduite avec corrections, en 1853, par le fils de l'auteur. Il y a aussi des réimpressions de Bruxelles, 8°, dont la meilleure est de 1838.

144. **Delambre, J. B. J.** Abrégé d'Astronomie, ou leçons élémentaires d'Astronomie théorique et pratique; 8°, Paris 1813.

145. **Pontécoulant, G. de.** Traité élémentaire de physique céleste ou précis d'Astronomie théorique et pratique servant d'introduction à l'étude de cette science; 2 vol. 8°, Paris, 1840.

Traduction.

Populäre Astronomie (par *F. Nork*); 4 vol. 16°, Stuttgart, 1846.

C'est cet ouvrage qui a donné l'occasion à *Arago* d'attaquer amèrement l'auteur dans une « Lettre à M. Alexandre de Humboldt, » 8°, Paris, 1840, à laquelle *de Pontécoulant* répondit par une « Lettre à M. Encke, » 8°, Paris, 1840. Malgré quelques lapsus, ce traité n'est pas à rejeter.

146. **Comte, A.** Traité philosophique d'Astronomie populaire, ou exposition systématique de toutes les notions de philosophie astronomique, soit scientifiques, soit logiques, qui doivent devenir universellement familières; 8°, Paris, 1844.

147. **Dubois, E. P.** Cours d'Astronomie à l'usage des officiers de la marine impériale; 8°, Paris, sans date [1860]. — Cours d'Astronomie; ouvrage destiné aux officiers de la marine, aux élèves de l'École Polytechnique; 2e éd., 8°, Paris, 1865; 3e éd., 8°, Paris, 1877.

148. **Delaunay, C.** Cours élémentaire d'Astronomie, concordant avec les articles du programme officiel pour l'enseignement de la cosmographie dans les lycées; 2 vol. 18°, Paris, 1853-1854. — Quatre autres éditions, 12°, jusqu'en 1870. Après la mort de l'auteur, une 6e édition, revue et complétée par *A. Levy*, 8°, Paris, 1876.

149. **Flammarion, C.** Astronomie populaire, description générale du ciel; 8°, Paris, 1880. + Supplément, 8°, Paris, 1881.

Ouvrage très-répandu. Le supplément contient des détails assez étendus sur divers objets célestes.

§ 29. TRAITÉS ITALIENS.

150. Piazzi, G. Lezioni elementari di Astronomia ad uso del R. Osservatorio di Palermo; 2 vol. 4°, Palermo, 1817.

Traduction.

Lehrbuch der Astronomie (par *J. H. Westphal*); 2 vol. 8°, Berlin, 1822.

151. Bernardi, A. Nozioni di Astronomia, compilate e in massima parte tradotte dall'Astronomia popolare di [*J. J.*] *Littrow* por uso della gioventù italiana; 2 vol. 12°, Bologna, 1839-1849.

§ 30. TRAITÉ ESPAGNOL.

152. Soldan, P. Tratado elemental de Astronomia téorica y práctica; 2 vol. 4°, Paris, 1848.

§ 31. TRAITÉS ANGLAIS.

153. Greenwood, N. Astronomia anglicana, containing an absolute and entire piece of Astronomy; fol., London, 1689.

Traité complet, avec le calcul des mouvements apparents des planètes, celui des éclipses, les tables des planètes et un recueil d'observations. L'ouvrage est en anglais.

154. Introduction to the true Astronomy, traduit de *Keill;* voir § 27, n° 137.

155. The elements of Astronomy, traduits de *La Caille;* voir § 28, n° 140.

156. Martin, B. Philosophia britannica, or a new and comprehensive system of the newtonian philosophy, Astronomy, and geography; 2 vol. 8°, London, 1747. — 2e éd., 3 vol. 8°, London, 1759; 3e éd., 3 vol. 8°, London, 1771.

Traduction.

Philosophia britannica, oder neuer und fasslicher Lehrbegriff der Newtonschen Weltweisheit, Astronomie und Geographie (par *Wilke*); 3 vol. 8°, Leipzig, 1772. — Réimprimé, 3 vol. 8°, Leipzig, 1778.

157. The system of the world, traduit de *Laplace;* voir § 28, n° 141.

158. Woodhouse, R. An elementary treatise on Astronomy, theoretical and practical; 2 vol. 8°, Cambridge, 1812-1818. — New ed., 2 vol. 8°, Cambridge, 1821-1823.

159. **Brinkley, J.** Elements of Astronomy; 8°, Dublin, 1819. — Des éditions successives, par l'auteur, 8°, à Dublin, et après sa mort, 8°, à Londres, par *T. Luby* en 1845, réimprimé en 1855; enfin par *J. W. Stubbs* et *F. Brünnow*, 8°, Dublin, 1871; réimprimé 8°, London, 1874.

160. **Carey, G.** Astronomy as it is known at the present day, with an account of the nature and use of astronomical instruments, the manner of calculating the notes of the calendar, the distances and magnitudes of the planets; 8°, London, 1825.

161. **Farrar, J.** An elementary treatise on Astronomy; 8°, Cambridge (N. E.), 1827. — D'autres éditions, en 1834 et en 1843.

Ce traité forme la quatrième partie du cours de Philosophie naturelle à l'usage des étudiants de l'Université de Cambridge, aux États-Unis.

162. **Herschel, J. F. W.** Outlines of Astronomy; 2e éd. développée de son Treatise on Astronomy, mentionné au § 19, sous le n° 65; 8°, London, 1849. — Depuis cette époque les éditions de cet ouvrage se sont suivies rapidement : 3e, 1850; 4e, 1851; 5e, 1858; 6e, 1859; 7e, 1864; 8e, 1865; 9e, 1867; 10e, 1869; 11e, 1871; 12e, 1873. — Une réimpression a été faite en Amérique : 8°, Philadelphia, 1853.

163. **Gummere, J.** An elementary treatise on Astronomy, in two parts : the first containing a clear and compendious view of the theory, the second a number of practical problems; to which are added solar, lunar, and other astronomical tables; 8°, Philadelphia, 1845. — Plusieurs éditions; la 4e réimprimée 8°, Leipzig, 1852.

164. **Airy, G. B.** Six lectures on Astronomy, delivered at the Ipswich Museum; 12°, London, 1848. — Souvent réimprimé sous le titre : Popular Astronomy, a series of lectures, 12°, London. La 9e éd. est de 1878.

Traduction.

Sechs Vorlesungen über Astronomie, gehalten in den Versammlungen der Freunde des Ipswich Museums (par *H. Sebald*); 8°, Berlin, 1852.

Ces lectures donnent une vue générale de l'Astronomie.

165. **Goodwin, H.** Elementary chapters in Astronomy, from the « Traité élémentaire d'Astronomie physique » de *J. B. Biot*; 8°, London, 1849.

C'est, comme on voit, une traduction des chapitres élémentaires de l'Astronomie de *J. B. Biot*, mentionnée plus loin § 37, n° 198.

166. **Norton, W. A.** An [elementary] treatise on Astronomy, containing a systematic and comprehensive exposition of the theory, and the more important practical problems; 8°, New York, 1845. — Réédité plusieurs fois; 4e éd., 8°, New York, 1867; 5e, 1874.

§ 32. TRAITÉS ALLEMANDS.

167. **Rost, J. L.** Astronomisches Handbuch; 4°, Nürnberg, 1718. — 2e éd., 4°, Nürnberg, 1726. — Nouv. éd. très-augmentée par *G. F. Kordenbusch;* 4 vol. 4°, Nürnberg, 1771-1774.

168. **Rohl, L. H.** Einleitung in die astronomischen Wissenschaften; 2 vol. 8°, Greifswald, 1768-1779.

169. **Bode, J. E.** Anleitung zur Kentniss des gestirnten Himmels; 8°, Hamburg, 1768. — Neuf éditions du vivant de l'auteur, la dernière 8°, Berlin, 1823. Après la 8e, qui a paru 8°, Berlin, 1806, l'auteur avait donné un Nachtrag, 8°, Berlin, 1817, qui a été réimprimé 8°, Berlin, 1833. *Bode* étant mort en 1826, l'ouvrage continuant à être demandé, *E. Bremiker* le mit au courant, dans une 10e édition, en 1844. Il a encore été réimprimé à Vienne, en 1857, sur la 9e édition; puis par les soins de *E. Bremiker,* en 11e éd. 8°, Berlin, 1858, et enfin 8°, Berlin, 1867.

Traduction.

Handleiding tot de kennis van den sterrehemel; 8°, Haarlem, 1779. — Sur la 4e édition.

Cette excellente introduction à l'Astronomie renferme des planches et une carte céleste. On en a extrait des parties, qui ont été publiées à part sous les titres de « Allgemeine Betrachtungen über das Weltgebäude » et « Betrachtungen der Gestirne und des Weltgebäudes, » lesquels ont eu plusieurs éditions, ainsi qu'une traduction danoise par *J. B. Paasche,* intitulée : Betragtninger over Guds storhed i Verdensbygningen; 8°, Kjobenhavn, 1799.

170. Lehrbegriff der Newtonschen Weltweisheit, traduit de *B. Martin;* voir § 31, n° 156.

171. **Segner, J. A. von.** Astronomische Vorlesungen; 2 vol. 4°, Halle, 1775-1776.

172. Darstellung des Weltsystems, traduit de *Laplace;* voir § 28, n° 141.

173. **Schubert, F. T.** Populäre Astronomie; 3 vol. 8°, St-Petersburg, 1804-1810.

174. Lehrbuch der Astronomie, traduit de *Piazzi;* voir § 29, n° 150.

175. **Hartmann, J.** Urania; das Wissenswürdigste aus der Himmelskunde und mathematischen Geographie, in allgemeinsfasslicher Darstellung; 8°, Leipzig, 1841. — 2e éd., 8°, Leipzig, 1844.

176. Populäre Astronomie, traduit de *Pontécoulant;* voir § 28, n° 145.

177. Sechs Vorlesungen über Astronomie, traduit d'*Airy;* voir § 31, n° 164.

178. **Klein, H. J.** Handbuch der allgemeine Himmelsbeschreibung von Standpunkte der kosmischen Weltanschauung dargestellt; 2 vol. 8°, Braunschweig, 1869-1872. — Le vol. I, qui contient le Système solaire, étant épuisé, a été réimprimé en 1871.

179. **Benthin, J.** Lehrbuch der Sternkunde in entwickelnder Stufenfolge, mit einem Vorworte von *C. Bruhns;* 8°, Leipzig, 1872.

180. Die Grundlehren der Astronomie, traduit de *Gyldén;* voir § 35, n° 185.

§ 33. TRAITÉS HOLLANDAIS.

181. Inleidinge tot de waare natuur- en Sterrekunde, traduit de *Keill;* voir § 27, n° 137.

182. Handleiding tot de kennis van den sterrehemel, traduit de *Bode;* voir § 32, n° 169.

§ 34. TRAITÉ DANOIS.

183. Betragtninger over Guds storhed, traduit de *Bode;* voir § 32, n° 169.

§ 35. TRAITÉS SUÉDOIS.

184. **Lindhagen, D. G.** Astronomiens grunder; 3 part. 8°, Stockholm, 1858-1861.

185. **Gyldén, H.** Framställning af Astronomin i dess historika utveckling och på dess nuvarande ståndpunkt; 8°, Stockholm, 1874.

Traduction.

Die Grundlehren der Astronomie nach ihrer geschichtlichen Entwickelung dargestellt; 8°, Leipzig, 1877.

§ 36. TRAITÉ POLONAIS.

186. **Slavinski, P.** Poczatki Astronomii teoretyczney i praktyczney; 8°, Wilno, 1826.

§ 37. GRANDS OUVRAGES DIDACTIQUES.

Nous arrivons enfin aux grands traités, que l'astronome de profession peut consulter avec fruit, et dans lesquels il trouvera toujours des choses susceptibles de l'intéresser. Le caractère de ces ouvrages est fort divers, selon que l'auteur a fait un usage plus ou moins étendu des mathématiques. Il nous a paru impossible cependant d'établir, sur cette base, de véritables distinctions.

Nous ne citons ici que des traités généraux, embrassant toute ou presque toute l'étendue de la science. Les ouvrages didactiques qui se rapportent à des branches spéciales de l'Astronomie, telles que l'Astronomie sphérique, l'Astronomie théorique, la Mécanique céleste et autres, seront mentionnés aux différents chapitres où il sera traité de ces branches.

187. **Gregorius [Gregory], D.** Astronomicae physicae et geometricae elementa; fol., Oxoniae, 1702. — 2e éd., 2 vol. 4°, Genevae, 1726. A cette édition, donnée par *C. Huart,* est ajoutée la Cometographia de *Halley,* et une gnomonique par l'éditeur.

Traduction.

The elements of Astronomy physical and geometrical, to which is annex'd Dr. Halley's synopsis of the Astronomy of comets; 2 vol. 8°, London, 1715. — Nouv. éd., « revised by *E. Stone,* » 2 vol. 8°, London, 1726.

188. **Leadbetter, C.** A complet system of Astronomy; 2 vol. 8°, London, 1728. — 2e éd., 2 vol. 8°, London, 1742.

189. **Cassini, J.** Élémens d'Astronomie; 4°, Paris, 1740.

Ce traité est très-complet, et renferme beaucoup de détails historiques qui ont encore aujourd'hui de l'intérêt. Il a pour complément des Tables du Soleil, de la Lune, des planètes et des satellites, usage qui a été continué par presque tous les auteurs de grands ouvrages didactiques d'Astronomie, jusqu'au commencement de notre siècle. Ces tables se vendaient aussi séparément. Il faut y joindre : Addition aux tables astro-

nomiques de M. Cassini, par *C. F. Cassini de Thury,* 4°, Paris, 1756. Les tables des planètes sont réimprimées, sous le titre : Tabulae planetarum, dans les Ephemerides astronomicae ad meridianum vindobonensem, 8°, Vindobonae, année 1765, Append., p. 217.

190. **Long, R.** Astronomy in five books; 2 vol. 4°, London, 1742-1764.

Un nouveau titre du second volume a été fait en 1785, époque où furent imprimés les « books » IV et V, qui sont venus compléter ce volume.

191. **Lalande, J. J. de.** Astronomie; 2 vol. 4°, Paris, 1764. — 2e éd., 3 vol. 4°, Paris, 1771; 3e éd., 3 vol. 4°, Paris, 1792.

Traduction.

Astronomia of sterrekunde (par *A. B. Strabbe*); 5 vol. 8°, Amsterdam, 1773-1780.

Cet ouvrage est une véritable encyclopédie d'Astronomie, surtout dans les deux dernières éditions. Les tables astronomiques sont, dans ces deux éditions, à la fin du tome Ier. Elles sont placées au tome V dans la traduction hollandaise.

192. **Bode, J. E.** Erläuterung der Sternkunde nach der dazu gehörigen Wissenschaften; 2 vol. 8°, Berlin, 1778. — Éditions successives, 2 vol. 8°, Berlin, 1793 et 1808.

193. **Caravelli, V.** Trattato d'Astronomia; 3 vol. 8°, Napoli, 1782-1784.

194. **Bürja, A.** Lehrbuch der Astronomie; 5 vol. 8°, Berlin, 1794-1806.

195. **Melanderhjelm, D.** Astronomie; 2 vol. 8°, Stockholm, 1795.

Ce traité est en suédois.

196. **Vince, S.** A complete system of Astronomy; 3 vol. 4°, Cambridge, 1797-1808. — 2e éd., 3 vol. 4°, London, 1814-1823.

197. **Schubert, F. T.** Theoretische Astronomie; 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798.

C'est l'ouvrage célèbre dans lequel l'Astronomie est pour la première fois divisée en sphérique (ou examen des apparences), théorique (ou considération des mouvements réels), et physique (ou étude de ces mouvements d'après leurs causes).

Traduction.

Traité d'Astronomie théorique; 3 vol. 4°, St-Pétersbourg, 1822-1823. — Autre éd., 3 vol. 4°, Hambourg, 1834.

Cette traduction est faite par l'auteur.

198. **Biot, J. B.** Traité élémentaire d'Astronomie physique; 8°, Paris, 1805. — 2e éd., avec addit. par *de Rossel,* relatives à l'Astronomie physique, 3 vol. 8°, Paris, 1810-1811; 3e éd., 5 vol. 8° et atlas 4°, Paris, 1841-1857.

C'est la 3e édition qu'il faut consulter.

199. **Delambre, J. B. J.** Astronomie théorique et pratique; 3 vol. 4°, Paris, 1814.

Grand ouvrage, avec de nombreux calculs.

200. **Santini, G.** Elementi di Astronomia con le applicazioni alla geografia, nautica, gnomonica e chronologia; 2 vol. 4°, Padova, 1830.

201. **Pérévotschikoff, D.** Osnowania Astronomii; 4°, Moskwa, 1842.

202. **Arguelles, J. R.** Astronomia fisica; 3 vol. 8°, Madrid, 1850.

203. **Arago, F.** Astronomie populaire; 4 vol. 8°, Paris & Leipzig, 1854-1857. — Réimpr., 4 vol. 8°, Paris, 1867-1873.

Traductions.

Popular Astronomy (par *W. H. Smyth & R. Grant*); 2 vol. 8°, London, 1855.

Populäre Astronomie (par *H. Hankel*); 4 vol. 8°, Leipzig, 1855-1859. — Réimpr., Leipzig, 1865.

204. **Khandrikow, M.** Systema Astronomii; 3 vol. 4°, Kieff, 1875-1877.

En russe. Trois parties : l'Astronomie sphérique, l'Astronomie pratique et l'Astronomie théorique.

§ 38. L'ASTRONOMIE DANS LES ENCYCLOPÉDIES.

Indépendamment des traités publiés séparément, il existe un certain nombre d'articles plus ou moins développés, insérés dans les Encyclopédies. L'Astronomie s'y trouve envisagée tantôt dans son ensemble, tantôt en détail dans ses différentes parties. Ces articles ont été écrits, dans bien des circonstances, par des savants distingués, et présentent souvent des exposés clairs et précis, qu'on lit avec intérêt.

Les Encyclopédies sont devenues aujourd'hui des œuvres collectives. Mais au dix-septième siècle, les auteurs didactiques composaient des ouvrages d'ensemble, où les différentes branches des mathématiques pures et appliquées venaient se ranger à leurs places respectives. L'Astronomie y figurait presque toujours. Ces œuvres compréhensives, fruit des efforts d'un seul homme, étaient, en quelque sorte, les précurseurs des Encyclopédies modernes. Aussi allons-nous les ranger ici, pour passer ensuite aux travaux insérés dans les œuvres collectives.

§ 39. OUVRAGES ENCYCLOPÉDIQUES DUS AUX EFFORTS INDIVIDUELS.

Nous mentionnerons, en premier lieu, le plus ancien des lexiques, dans lequel la science dont nous nous occupons tient sa place dans l'ordre alphabétique. L'époque à laquelle ce monument littéraire se rapporte en augmente l'intérêt.

205. **Suidas.** Lexicon; fol., Mediolani, 1499. — Plusieurs éditions; les plus estimées sont celles : 3 vol. fol., Cantabrigae, 1705; 3 vol. fol., Oxonii, 1834 (édit. *T. Gaisford*); 4 vol. 4°, Halae, 1834-1853 (d'après la précédente, et avec version latine).

L'astronomie est traitée sous le mot : Astronomia. Ce grand lexique grec date du onzième siècle.

Traduction.

Lexicon, versio latina (par *Jér. Wolf*); fol., Basileae, 1564. — Réimpr., 1581.

Cette version latine est jointe au texte grec dans l'édition de Cambridge citée ci-dessus.

Il y a aussi une version latine sous le titre :

Suidae integram latinam interpretationem et perpetuam textum emendatiorem *A. Portus* accurate conscripsit; 2 vol. fol., Coloniae Allobrogum, 1619. — Réimpr. 1630.

On pourrait citer aussi le

206. Etymologicum magnum,

grand lexique grec, dont *T. Gaisford* a donné une bonne édition, fol., Oxonii, 1848, et dont on peut également consulter l'édition de *J. C. G. Ernesti,* 8°, Lipsiae, 1786.

Passant immédiatement aux temps modernes, nous indiquerons les ouvrages ci-dessous :

207. **Alsted[ius], J. H.** Encyclopaedia; 7 tom. en 2 vol. fol., Herbornae Nassoviorum, 1630-1632.

Le livre XVII porte pour titre : Uranometria, sive sphaerae coelestis scientia, quae sphaericam et theoricam continet.

208. **Herigonus [Herigone], P.** Cursus mathematicus nova brevi et clara methodo demonstratus; cours mathématique démontré d'une nouvelle, briève et claire méthode; 6 vol. 8°, Parisiis, 1644.

Cet ouvrage est en latin et en français. On trouve au tome IV le système du monde; au tome V, la théorie des planètes et la gnomonique.

209. **Hainlin** [**ius**], **J. J.** Synopsis mathematica universalis; 8°, Tubingae, 1655. — Réimpr., 1663 et 1679.

L'Astronomie se trouve à la page 272 de l'édition de 1663. Chacune de ces éditions est de 800 à 850 pages.

210. **Gezelius, J.** Encyclopaedia synoptica; 8°, Aboae, 1672.

Traité de cosmographie et d'Astronomie, dans la part. II.

211. **Grüneberg**[**ius**], **C.** Encyclopaedia mathematica, in qua astrognosiae, sphaericae, theoricae et eclipsigraphiae elementa traduntur; 8°, Francofurti ad Viadrum, 1688.

212. **Wolff** [**Wolfius**], **C.** Anfangsgründe der mathematischen Wissenschaften; 4 vol. 8°, Halle, 1710. — Éditions sucessives, la 10e en 1775; une 11e, revue par *L. W. Gilbert,* 1800.

Traductions.

Elementa matheseos universae; 5 vol. 4°, Halae Magdeburgicae, 1713-1717. — Autres édit., 1730-1741; Genevae, 1743-1752; 1756.

Cours de mathématiques qui contient toutes les parties de cette science; 3 vol. 8°, Paris, 1747.

L'Astronomie est dans le IIIe volume de l'édition originale. Ce cours de mathématiques a été longtemps célèbre. Il est fort bien fait.

213. **Hederich, B.** Anleitung zu den furnehmsten mathematischen Wissenschaften; 8°, Wittenberg, 1710. — Réimprimé plusieurs fois; 4e édit., 1727; une autre encore, 1772.

L'Astronomie forme la Ve partie.

214. **Hennert, J. F.** Cursus matheseos adplicatae; 6 vol. 8°, Trajecti ad Rhenum, 1768-1775.

Les Elementa universae Astronomiae forment la totalité des tomes IV et V, qui sont respectivement de 1771 et 1773.

215. **Emerson, W.** Cyclomathesis or an easy introduction to the several branches of the mathematics; 10 vol. 8°, London, 1770.

L'Astronomie compose les volumes VIII et IX.

216. **Young, T.** A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts; 2 vol. 4°, London, 1807.

Astronomy : lectures XLI-XLVIII, tome I, p. 487-604.

217. Lardner, D. The museum of science and art; 12 vol. 8°, London, 1854-1856.

Cet ouvrage contient de bons articles d'Astronomie, avec de nombreuses gravures sur bois. Nous indiquerons particulièrement, dans le volume I, la description des planètes; dans le volume VIII, ce qui est relatif aux étoiles et aux nébuleuses; dans le volume XI, les comètes.

218. Wolff, R. Handbuch der mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie; 2 vol. 8°, Zürich, 1870-1872.

Le volume II est consacré à l'Astronomie, dont la Géodésie est considérée comme faisant partie.

§ 40. ENCYCLOPÉDIES ET PUBLICATIONS COLLECTIVES.

219. Grosses vollständiges Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste, welche bisher durch menschlichen Verstand und Witz erfunden, und verbessert worden; 64 vol. fol., Halle & Leipzig, 1732-1750. + 4 vol. fol. de Supplément, 1754.

220. Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres (mis en ordre par *D. Diderot* et *J. L. d'Alembert*); 17 vol. fol. de texte et 11 vol. de planches, Neuchâtel [Paris], 1751-1766, + 5 vol. de suppléments, Amsterdam, 1776 et 1777. — Réimpr. 28 vol. fol., Lucques, 1758-1771; 33 vol. fol., Livourne, 1770; 36 vol. 4° de texte et 3 de planches, Genève et Neuchâtel, 1777-1779; 38 vol. 4°, Yverdun, 1778-1780; 36 vol. 8° de texte et 3 vol. de planches, Genève et Lausanne, 1781.

Les articles d'Astronomie sont par *Lalande;* ils méritent encore d'être consultés.

Traduction.

Encyclopädie oder Zusammenhängen der Vortrag der gemeinnützigsten Kenntnisse; 3 vol. grand 8°, Berlin, 1782-1784. — Réimpr., 1792-1793 et 1807.

L'Astronomie est dans le IIIe volume; elle se compose de la traduction, par *G. S. Klügel,* des articles de *Lalande* dans l'Encyclopédie française.

221. Encyclopédie méthodique ou par ordre de matières; 102 vol. et atlas, 4°, Paris, 1782-1832. Le dictionnaire des sciences mathématiques forme 3 vol. et 1 atlas, 1784-1792.

Les articles d'Astronomie sont faits par *Lalande,* et sont en général ceux de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert.

222. Brewster, D. Edinburgh Encyclopaedia of all the sciences; 18 vol. 4°. + 1 vol. supplém., Edinburgh, 1809-1831.

Dirigée par *D. Brewster.* Consultez surtout l'article « Astronomy », qui est un très-bon traité de cette science.

223. Ersch, J. S. & Gruber, J. Allgemeine Encyclopaedie der Wissenschaften und Künste in alphabetischer Folge; 154 vol. 4°, Leipzig, 1818 et suiv.

Cette publication qui se fait en trois séries, l'une commençant à la lettre A, la seconde à la lettre H et la troisième à la lettre O, n'est pas terminée.

224. Gehler, J. S. T. Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre in alphabetische Ordnung; 6 vol. 8°, Leipzig, 1787-1795. — Réimpr., 1799-1801. — Neu bearbeitet, 16 vol. 8° et atlas fol., Leipzig, 1825-1845.

La dernière édition est entièrement remaniée; les articles d'Astronomie y ont un certain développement, et sont de *J. J. Littrow.*

225. Encyclopaedia britannica, or a dictionary of arts, sciences, and general literature (dirigée par *J. Tytler*); 10 vol. 4°, Edinburgh, 1768. — 5e édit., 1839-1842, très-augmentée; 8e édit., refondue sous la direction de *T. S. Traill,* 21 vol. 4°, London, 1853-1861; 9e édit. en cours de publication.

Dans l'édition de 1830, on trouve A treatise on Astronomy, theoretical, physical and practical, [par *T. Galloway*]. Dans la 8e édition, il faut indiquer les articles : History of Astronomy, theoretical Astronomy, et physical Astronomy, par *R. Main,* ainsi que l'article : telescope, par *J. F. W. Herschel,* 1860.

226. Library of useful knowledge; 8°, London.

Le traité « Astronomy », par *B. Malkin,* forme les nos I-III, 1830-1831.

227. The penny Cyclopaedia of the Society for the diffusion of useful knowledge; 27 vol. 4°, London, 1833-1843. + Supplément.

La plupart des articles d'Astronomie et des vies d'astronomes, par *A. de Morgan.*

228. Popular Cyclopaedia of natural science; 8°, London.

La partie IV contient : Mechanical philosophy, horology, and Astronomy, 1843, par *W. B. Carpenter.*

229. Praktische Lehrbücher zur Fortbildung für alle Stände; 8°, Leipzig.

Le volume II forme l'Astronomie, sous le titre : Die Astronomie in populärer Darstellung, von *G. L. Schulze,* 1847.

230. Encyclopaedia metropolitana, or universal dictionary of knowledge; 30 vol. 4°, London, 1817-1845. — Cabinet edition; 30 vol. 4°, London, 1848-1857.

Encyclopaedia of Astronomy, 1848, comprenant : Plane Astronomy by *P. Barlow,* nautical Astronomy by *H. Kater,* physical Astronomy by *J. F. W. Herschel,* on the figure of the Earth by *G. B. Airy,* on tides and waves by *G. B. Airy.*

231. Conversations-Lexicon; Leipzig. La 11e édit. en 16 vol. 8°, 1864 et suiv.

232. Chambers Elementary science manuels; 8°, Edinburgh.

Astronomy, par *A. Findlater,* 1875.

On peut consulter aussi : *Chambers'* Encyclopaedia, new and revised edition; 10 vol. 8°, London, with additions to 1881.

233. American science series; 8°, New York.

Le traité « Astronomy for schools and colleges », par *S. Newcomb* et *E. S. Holden,* 1880.

§ 41. DICTIONNAIRES TECHNIQUES D'ASTRONOMIE.

234. **Hill, J.** Urania, or a compleat view of the heavens, containing the ancient and modern Astronomy in form of a dictionary; 4°, London, 1754.

235. **Goodacre, R.** A glossary of the principal terms used in Astronomy and geography; 12°, Nottingham, 1828.

236. **Nürnberger, J. E.** Populares astronomisches Handwörterbuch; 8°, Kempten, 1841.

237. **Jehan, L. F.** Dictionnaire d'Astronomie, de physique et de météorologie; 8°, Paris, 1850.

238. **Hind, J. R.** An astronomical vocabulary, being an explanation of all terms in use amongst astronomers at the present day; 8°, Cambridge & London, aussi New York, 1852.

239. **Guynemer, A. de.** Dictionnaire d'Astronomie à l'usage des gens du monde, d'après W. et J. Herschel, Laplace, Arago, de Humbold, Francœur, Mitchel et autres savants français et étrangers; 8°, Paris, 1852. — 2e édit., 8°, Paris, 1857.

240. **Rodwell, G. F.** A dictionary of science, comprising Astronomy, chemistry, dynamics, electricity, heat, hydrodynamics, hydrostatics, light, magnetism, mechanics, meteorology, pneumatics, sound, and statics, preceded by an essay on the history of the physical sciences; 8°, London, 1870.

Volume de 660 pages.

241. **Klein, H. J.** Populäre astronomische Encyclopädie, astronomisches Handwörterbuch für Freunde der Himmelskunde. — Nouvelle édit., 8°, Heilbronn, 1874.

242. **Herpin, A.** Dictionnaire astronomique ou exposé par ordre alphabétique des principes fondamentaux et des lois générales de la mécanique universelle; 8°, Paris, 1875.

243. **Drechsler, A.** Illustriertes Lexikon der Astronomie und der Chronologie; 8°, Leipzig, 1881.

Avec 120 figures dans le texte.

A ces différents ouvrages on fera bien de joindre le suivant, qui n'est pas sans intérêt pour les étymologies :

244. **Bonavilla, A.** Dizionario etimologico di tutti i vocaboli usati nella medicine, chimica, storia naturale, fisica e Astronomia; 8°, Napoli, 1822.

CHAPITRE II.

HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE.

On ne connaît bien une science qu'après en avoir étudié l'histoire. Un certain charme s'attache d'ailleurs à remonter aux origines des connaissances que nous possédons. Aussi tout homme arrivé à un certain degré dans l'étude d'une science, éprouve-t-il le désir d'acquérir au moins quelques notions sur le développement historique des méthodes et l'ordre des découvertes. De cet ordre historique rejaillit, en outre, sur le tableau une clarté nouvelle.

On peut partager en deux classes les ouvrages traitant de l'histoire de l'Astronomie. Les uns ne sont que des résumés ou précis, les autres constituent des histoires proprement dites.

§ 42. RÉSUMÉS D'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE.

L'étudiant qui voudra se former une première idée de l'histoire de l'Astronomie fera bien de lire d'abord un récit général, d'étendue limitée.

Tel est celui que *Lalande* a composé pour son grand traité d'Astronomie, et celui que l'on doit à *Laplace*. Les Anglais ont des résumés analogues dans les Astronomies de *Long* et de *Vince*. Voici quelques indications sur les histoires sommaires, en diverses langues.

245. Cassini, J. D. De l'origine et du progrès de l'Astronomie, et son usage dans la géographie et dans la navigation.

Dans le Recueil d'observations faites en plusieurs voyages pour perfectionner l'Astronomie et la Géographie, fol., Paris, 1693, n° 1. — Également dans : Histoire de l'Académie des sciences [de Paris] depuis son établissement, en 1666, jusqu'à son rétablissement en 1699, 11 vol. 4°, Paris; vol. VIII, 1731, p. 1.

Traduction.

Ursprung und Fortschritte der Astronomie (par *J. L. Rost*).

Dans son Astronomisches Handbuch, 4°, Nürnberg, 1718. (Voir § 32, n° 167.)

246. Long, R. Introduction to the history of Astronomy.

Formant le Book v, t. II, 1764, p. 647-728 de son Astronomy, in five books, 1742-1764, terminé 1785. (Voir § 37, n° 190.)

247. Costard, G. The history of Astronomy, with its application to geography; 4°, London, 1767.

Histoire sommaire qui fournit à l'auteur l'occasion de montrer l'usage des globes.

248. Lalande, J. J. de. De l'origine et de l'histoire de l'Astronomie.

Formant le liv. II, vol. I, p. 97-232 de la 2e éd., ou vol. I, p. 75-186 de la 3e éd. de son Astronomie. (Voir § 37, n° 191.)

249. Vince, S. The history of Astronomy.

Cette histoire forme le chap. XLI de son ouvrage : A complete system of Astronomy, 1777-1779, réimpr. 1814-1823 (voir § 37, n° 196), et se trouve au vol. II, p. 248-289 de la 1re édition.

250. Schubert, F. T. Geschichte der Astronomie und sphärische Astronomie; 8°, Saint-Petersburg, 1804.

Traduction.

Astronomiens historia; 8°, Stockholm, 1849.

251. Young, T. On the history of Astronomy.

Ce résumé forme la lecture XLVII, vol. I, p. 589-604 de son Course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts; 1807. (Voir § 39, n° 216.)

252. Laplace, P S. de. Précis de l'histoire de l'Astronomie ; 8°, Paris, 1821. — Réimpr., 8°, Paris, 1865.

Ce précis se trouve aussi annexé, comme liv. v, à la 5e édition de l'Exposition du système du monde du même auteur (voir § 28, n° 141), et aux réimpressions postérieures de cet ouvrage.

253. Rothmann, R. W. History of Astronomy; 8°, London, 1832.

Cet ouvrage fait partie de la « Library of useful knowledge ».

254. Aguilar y Vela, A. Breve reseña de la historia y progresos de la Astronomia.

Dans les Memorias de la Academia de sciencias de Madrid, seria 2a, 4°, Madrid, vol. III, 1855, p. 7.

255. Looff, F. W. Geschichte der Astronomie; 8°, Langensalza, 1875.

§ 43. HISTOIRES DES MATHÉMATIQUES QUI COMPRENNENT L'ASTRONOMIE.

Indépendamment des résumés énumérés au paragraphe précédent, on peut également consulter avec fruit les parties relatives à l'Astronomie, insérées dans différentes histoires des mathématiques, ou dans des histoires des découvertes en général. Ces dernières ne permettent guère, toutefois, que d'examiner des questions spéciales.

Voici l'indication des principaux historiens des mathématiques qui ont traité de l'Astronomie avec quelque détail.

256. **Heilbronner, J. C.** Historia matheseos universae, a mundo condito ad sæculum p. C. n. XVI; 4°, Lipsiae, 1742.

La partie bibliographique est soignée, mais il y a peu d'ordre dans la mise en œuvre des matériaux.

257. **Kästner, A. G.** Geschichte der Mathematik seit der Wiederherstellung der Wissenschaften bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts; 4 vol. 8°, Göttingen, 1796-1800.

L'histoire de l'Astronomie jusqu'à la fin du seizième siècle forme la section IX, vol. II, 1797, p. 506-693; la suite se trouve vol. IV, 1800, p. 84-514 et comprend notamment les cartes célestes p. 91, les éphémérides p. 111, les recherches théoriques p. 116, les premières découvertes au télescope p. 126, les taches du Soleil p. 136, la sélénographie p. 156, Galilée p. 173, Kepler p. 216, les successeurs de Kepler p. 425, Gassendi p. 474.

258. **Montucla, J. F.** Histoire des mathématiques; 2 vol., 4°, Paris, 1758. — Nouv. édit., achevée par *J. J. de Lalande*, 4 vol. 4°, Paris; an VII [1799]-1802.

On y trouve l'histoire de l'Astronomie. La nouvelle édition est beaucoup plus développée; c'est celle qu'il faut consulter. Voici l'indication des articles qui se rapportent à l'Astronomie :

Vol. I, 1799 : Part. I, liv. II, nos IV-IX, Origine de l'Astronomie et sphères anciennes, p. 50-93; liv. III, nos IV-VIIJ, Astronomie des Grecs, p. 105-122; liv. IV, no IV, Aristarque de Samos, p. 218; no IX, Hipparque, p. 257; liv. V, no IIJ, Ptolémée, p. 293.— Part. II, liv. I, nos I-VJ, Astronomie chez les Arabes, p. 351-371; liv. III, nos I-VIJ, Astronomie dans l'Inde, p. 424-447; liv. IV, nos IJ-VIIJ, Astronomie chinoise, p. 450-480. — Part. III, liv. I, no J, Astronomie des Romains, p. 482; no V, Alphonse, p. 508;

liv. II, nos iij-v, Purbach, Regiomontanus et Walther, p. 538-547; liv. IV, nos j-xiij, Astronomie au seizième siècle, p. 621-687.

Vol. II, 1799 : Part. IV, liv. IV, no ij, Invention du télescope, p. 228; liv. v, nos j-XI, Astronomie dans le dix-septième siècle, p. 269-346; liv. IX, nos j-xiv, Astronomie dans la dernière partie du dix-septième siècle, p. 548-647.

Vol. IV, 1802 : Part. V, liv. v, nos j-xij, Astronomie planétaire, étoiles, éclipses, p. 1-125; liv. VI, nos j-xij, Astronomie : les causes et les calculs qui en dépendent, p. 126-300; liv. VII, nos j-vij, Tables, éphémérides, observatoires et leurs instruments, p. 301-380; liv. IX, nos iij, iv et vj, Astronomie nautique, p. 531-553 et 568.

259. Whewell, W. History of the inductive sciences from the earliest to the present times; 3 vol. 8°, London, 1837. — New edit., 3 vol. 8°, London, 1847; 3e édit., 4 vol. 8°, London, 1857.

En 1857 a paru aussi un Supplementary volume to the second edition, containing the new matter of the third edition; 8°, London.

Traduction.

Geschichte der inductiven Wissenschaften, mit Anmerkungen von *J. J von Littrow;* 3 vol. 8°, 1840-1841.

Cette édition allemande est épuisée et rare.

Voici les parties de l'ouvrage dans lesquelles il est traité de l'histoire de l'Astronomie. Les pages indiquées sont celles de la 1re édition.

Vol. I, book III, History of greek Astronomy, p. 109-231; book v, History of formal Astronomy after the stationary period, p. 355-437.

Vol. II, book VII, History of physical Astronomy, p. 127-289.

260. Libri, G. Histoire des sciences mathématiques en Italie, depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du XVIIe siècle; 4 vol. 8°, Paris, 1838-1841. — Réimpr., 4 vol. 8°, Stuttgart, 1865.

Cet ouvrage important, qui devait avoir six volumes, n'a pas été terminé; il s'arrête à la mort de Galilée. Il renferme des documents précieux pour l'histoire de l'Astronomie, principalement à l'époque de la renaissance.

261. Poggendorff, J. C. Geschichte der Physik; 8°, Leipzig, 1879.

Cet ouvrage renferme quelques excellents résumés relatifs à certaines parties de l'histoire de l'Astronomie, entre autres : l'Astronomie au seizième siècle (Copernic, Tycho Brahé, Kepler), p. 137-166; l'Histoire du télescope, p. 174-197; Scheiner et Galilée, p. 197-255; le Problème des longitudes, p. 261-264; Hooke, p. 558-570; l'Invention des réflecteurs, p. 570-577; Huygens et l'histoire des horloges, p. 589-616; Newton comme astronome, p. 695-715; les Astronomes ses contemporains, p. 715-736.

§ 44. RECHERCHES SUR LES ORIGINES ET LES INVENTIONS.

Nous allons joindre à ce qui précède l'indication de quelques ouvrages encore plus généraux, qui traitent des origines de nos connaissances, des découvertes et des inventions.

262. **Pluche, N.** Histoire du ciel, considérée selon les idées des poëtes, des philosophes et de Moïse, où l'on recherche l'origine de l'idolâtrie et les méprises de la philosophie sur la formation et les influences des corps célestes; 2 vol. 12°, Paris, 1739. — Réimpr. successives en 2 vol. 12°, La Haye, 1740; La Haye, 1744; Paris, 1748; Paris, 1765; Paris, 1771.

Traductions.

Historia des Himmels, nach die Vorstellungen der Philosophen und Moses; 2 vol. 12°, Dresden und Leipzig, 1740.

The history of the heavens, considered according to the notions of the poets and philosophers, compared with the doctrines of Moses (par *J. B. de Tuval*); 2 vol. 12°, London, 1752.

263. **Goguet, A. Y. de.** De l'origine des lois, des arts et des sciences et de leurs progrès chez les anciens peuples, depuis le déluge jusqu'au retour de la captivité, ou jusqu'à l'avènement de Cyrus au trône de Perse; 3 vol. 4°, Paris, 1758. — Autres édit., 3 vol. 12°, La Haye, 1758, 6 vol. 12°, Paris, 1759; 6 vol. 12°, Paris, 1778; 3 vol. 8°, Paris, 1809 (à cette édit. est ajoutée une table des matières); 3 vol. 8°, Paris, 1820.

Traductions.

Der Ursprung der Gesetzen, Künsten und Wissenschaften (par *G. C. Hamberger*); 3 vol. 4°, Lemgo, 1760-1772.

Sull'origine delle legge, arti e scienze; 3 vol. 8°, Lucca, 1761.

Origin of laws, arts and sciences; 3 vol. 8°, London, 1775.

Cet ouvrage contient des recherches intéressantes pour l'histoire de l'Astronomie ancienne et l'origine de l'Astronomie chez les divers peuples.

264. **Dutens, L.** Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes; 8°, Paris, 1766 (sans nom d'auteur); 2e édit., 2 vol. 8°, Paris, 1776; 3e édit., 4°, Londres, 1796; 4e édit., 2 vol. 8°, Paris, 1812.

Recherches précieuses sur les découvertes et les inventions relatives à différentes sciences; mais les conclusions de l'auteur sont souvent partiales en faveur de l'antiquité.

265. Beckmann, J. Beyträge zur Geschichte der Erfindungen; 5 vol. 8°, Leipzig, 1784-1805.

Cet ouvrage, qui a paru en 20 fascicules, contient des articles intéressants pour l'histoire de l'Astronomie.

266. Busch, G. C. B. Versuch eines Handbuchs der Erfindungen, in alphabetische Ordnung; 8 vol. 8°, Eisenach, 1790-1798. — Suivi d'autres éditions. La 4e est entièrement refondue, sous le titre : Handbuch der Erfindungen; 12 vol. 8°, Eisenach, 1802-1822.

§ 45. HISTOIRES MOYENNES DE L'ASTRONOMIE.

Si l'on voulait des développements un peu plus étendus que ceux fournis par les résumés du § 42, on pourrait choisir parmi les ouvrages de la liste suivante, qui répondent à un degré de développement moyen :

267. Estève, P. Histoire générale et particulière de l'Astronomie; 3 vol. 12°, Paris, 1755.

268. Hoefer, F. Histoire de l'Astronomie depuis ses origines jusqu'à nos jours; 8°, Paris, 1873.

269. Gersdorf, A. T. Geschichte der Astronomie von die ältesten Zeiten bis zu Ende des XVII. Jahrhunderts; 8°, Chemnitz, 1792. — Nouv. éd., 8°, Chemnitz, 1818 (des exemplaires marqués aussi 1819).

270. Cajetano, D. à S. Anleitung für Künstler alle astronomischen Perioden genau anszuführen; 8°, Wien, 1793.

271. Jahn, G. A. Geschichte der Astronomie vom Anfange des neunzehnten Jahrhnnderts bis zu Ende des Jahres 1842; 2 vol. 8°, Leipzig, 1844.

272. Mädler, J. H. Geschichte der Himmelskunde von der aeltesten bis auf die neueste Zeit; 2 vol. 8°, Braunschweig, 1873.

L'auteur est exact, mais il ne mentionne pas suffisamment les sources.

273. Grant, R. History of physical Astronomy from the earliest ages to the middle of the XIXth century; 8°, London, 1852.

Il y a dans cet ouvrage une histoire de la découverte de la gravitation par *Newton* et des développements de la théorie de l'attraction par ses successeurs, et en second lieu une exposition des progrès des recherches de physique céleste.

274. Arminski, F. Krotki rys historyczny tyczacy sie urmiecitnosci Astronomii; 8°, Warszawia, 1827.

§ 46. HISTOIRES DÉVELOPPÉES DE L'ASTRONOMIE.

Lorsqu'on veut faire de l'histoire de la science une étude spéciale, on doit d'abord se familiariser avec ses historiens systématiques, ceux qui ont puisé directement aux sources, et qui se sont efforcés d'être complets. Tout astronome les connaît, au moins pour les avoir consultés.

275. Weidler[us], J. F. Historia Astronomiae, sive de ortu et progressu Astronomiae; 4°, Wittenbergae, 1741.

Cet ouvrage contient, par ordre chronologique, une énumération analytique des travaux relatifs à l'Astronomie, depuis l'antiquité jusqu'à la première moitié du dix-huitième siècle. Il est précieux à consulter. Un supplément a paru, annexé à la Bibliographia du même auteur, en 1755; voir plus loin § 69, n° 883.

276. Bailly, J. S. Histoire de l'Astronomie ancienne, depuis son origine jusqu'à l'établissement de l'École d'Alexandrie; 4°, Paris, 1775. — 2e édit. 4°, Paris, 1781.

Traduction.

Geschichte der Sternkunde des Alterthums bis auf die Errichtung der Schule zu Alexandrien (par *C. E. Wünsch*); 4°, Leipzig, 1777.

277. Bailly, J. S. Histoire de l'Astronomie moderne, depuis la fondation de l'École d'Alexandrie; 3 vol. 4°, Paris, 1778-1782. — Nouvelle édit., 3 vol. 4°, Paris, 1785.

Les vol. I et II contiennent l'histoire jusqu'en 1730, le vol. III va jusqu'en 1780.

Traduction.

Geschichte der neuern Astronomie (par *J. M. C. Bartels*); 2 vol. 4°, Leipzig, 1796-1797.

Cette traduction s'arrête à Kepler.

Les deux ouvrages de *J. S. Bailly* qu'on vient de citer forment un corps complet d'histoire de l'Astronomie. Ils ont été abrégés et résumés, en italien par *F. Milizia*, 8°, Bassano, 1791, et en français par *V. C[omeiras]*, 2 vol. 8°, Paris, 1805. Mais on ne peut pas recommander ces compilations. L'ouvrage qui suit avait la prétention de continuer Bailly jusqu'en 1811 :

278. Voiron, ... Histoire de l'Astronomie depuis 1781 jusqu'à 1811, pour servir de suite à l'histoire de Bailly; 4°, Paris, 1810.

Cette continuation n'a pas grande valeur.

279. Delambre, J. B. J. Histoire de l'Astronomie ancienne; 2 vol. 4°, Paris, 1817.

280. **Delambre, J. B. J.** Histoire de l'Astronomie du moyen âge; 4°, Paris, 1819.

281. **Delambre, J. B. J.** Histoire de l'Astronomie moderne; 2 vol. 4°, Paris, 1821.

282. **Delambre, J. B. J.** Histoire de l'Astronomie au XVIII[e] siècle, publiée par [*C. L.*] *Mathieu;* 4°, Paris, 1827.

Ces quatre ouvrages de Delambre forment une histoire complète de l'Astronomie, d'après les sources. L'auteur y décrit et y analyse tous les ouvrages importants, ayant un intérêt réel pour l'histoire de la science.

Nous donnerons tout à l'heure, §§ 48-52, ce qui concerne plus spécialement l'Astronomie des divers peuples placés en dehors de notre civilisation, et §§ 53-64, ce qui se rattache aux diverses périodes historiques du développement de cette science dans notre mouvement intellectuel, c'est-à-dire dans l'antiquité classique, le moyen âge et les temps modernes.

Dans cette étude, soit qu'il s'agisse d'un peuple donné ou d'une époque particulière, nous supposerons toujours qu'on a recours d'abord aux grands ouvrages généraux mentionnés dans le présent paragraphe. Nous n'indiquerons, sous les différents titres partiels qui vont suivre, que les ouvrages et mémoires affectés spécialement à chaque objet particulier.

§ 47. ORIGINE DE L'ASTRONOMIE.

L'observation du ciel remonte apparemment aux âges de la pierre. On a trouvé de premières notions d'Astronomie chez les peuples sauvages. *Mitchel* a cherché à se représenter dans quel ordre les premiers observateurs ont dû, selon toute vraisemblance, former le faisceau des connaissances élémentaires. Voyez :

283. **Mitchel, O. M.** Probable order of astronomical discovery. **SMr, I, 1847, 103 ...; II, 1848, 5 ...**

L'ordre supposé par l'auteur est le suivant : phases de ☽, déplacement de la ☽ et du ☉ au milieu des étoiles, fixité des constellations, la polaire, la route du ☉, le zodiaque, périodes des planètes, éclipses de ☉ et de ☽, causes des phases de ☽, inégalité du mouvement du ☉, théorie du mouvement circulaire, prédiction des éclipses, précession des équinoxes, rotation du pôle de la sphère.

J. B. Biot a cherché de son côté par quelles observations d'un caractère primitif les anciens Égyptiens suivaient les mouvements des astres, avant l'invention d'instruments astronomiques. Ces recherches se trouvent dans le mémoire :

284. **Biot, J. B.** Détermination de l'équinoxe vernal de 1853, effectuée en

Égypte d'après les observations du lever et du coucher du soleil dans l'alignement des faces de la grande pyramide. JdS_5, 1855, 269 ...

Dans notre civilisation, c'est chez les Assyriens que l'on reportait l'origine de l'Astronomie, comme l'énoncent :

Plato, Epinomis [G];

Diodorus Siculus, Bibliotheca historica [G], lib. II;

Cicero, De divinatione [L], lib. I, cap. 2, 93;

Vitruvius, De architectura [L], lib. IX, cap. 7;

Solinus, Polyhistor [L], Asia, cap. 65;

Jamblichus, De vita pythagorica [G], cap. XXIX, § 158;

Achilles Tatius, Isagoge in Phaenomea Arati [G], dans la 1re édition de Petavius, Doc, II, 1630, 121; édition d'Anvers, II, 1703, 73;

Martianus *Capella,* De nuptiis philologiae et Mercurii [L], lib. V.

Les Égyptiens auraient eu cependant, avec les Babyloniens, une part dans cet enseignement, d'après :

Aristoteles, De coelo [G], lib. II. cap. 22;

Strabo, Res geographicae [G], lib. XVII ;

Plinius, Historia naturalis [L], lib. VII, cap. 56 ;

Clemens Alexandrinus, Stromata [G], lib. I, cap. 16.

Macrobius, Commentarii in Ciceronis somnium Scipionis [L], cap. 22.

Ce fut Thales qui fonda l'Astronomie chez les grecs :

Diogenes Laertius, De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. I, cap. 23.

On pourra consulter en outre :

285. Nottnagel, C. De originibus Astronomiae; 4°, Wittebergae, 1630.

286. Thorlef, H. De inventione Astronomiae apud Chaldaeos, schediasma historico-criticum; 4°, Hafniae, 1706.

L'origine du zodiaque et le dessin des premières sphères seront considérés au chap. XXIV.

§ 48. ASTRONOMIE DES SAUVAGES.

Les sources sont indiquées dans *Houzeau & Lancaster,* Bibliographie générale de l'Astronomie, 8°, Bruxelles, vol. II, 1881, p. 21 et 1552. Les principales sont :

Goguet, De l'origine des lois (voir § 44, n° 263), éd. princeps de 1758 ; vol. II, p. 397 ; comparez vol I, p. 228.

Lafiteau, Mœurs des sauvages américains comparées aux mœurs des premiers temps, 2 vol. 4°, Paris, 1723 ; vol. I, p. 248, 406 ; vol. II, p. 250. — Réimpr., 4 vol. 12°, Paris, 1724 ; vol. III, p. 204.

Charlevoix, Histoire et description générale de la Nouvelle-France, 3 vol. 4°, Paris, 1744 ; vol. III, p. 400.

Schoolcraft, Antique tube or syphon, telescopic device ; dans les Transactions of the American ethnological Society, 8°, New York ; vol. I, 1845, p. 406.

Bollaert, Some account of the Astronomy of the red man of the New World ; dans les Memoirs of the anthropological Society of London, 8°, London ; vol. I, 1863, p. 210.

Swan, Astronomical ideas of the Makahs Indians. Washington, SCn, XVI, 1870, VIII, 91.

D'Acosta, Historia natural y moral de las Indias, 4°, Sevilla, 1590 ; réimpr. 8°, Barcelona, 1591 ; 2 vol. 8°, Madrid, 1608-1610 ; lib. V.

Garcilasso de la Vega, Primera parte de los comentarios reales que tratan del origen de las Yncas, fol., Lisboa, 1609 ; traduit en français par *T. F. Dalibard* sous le titre : Histoire des Incas, 2 vol. 12°, Paris, 1744 ; vol. II, p. 36 de cette traduction.

*** [Astronomy of Tahitians] dans Naval chronicle, 8°, London, vol. XX, 1808, p. 351 ; traduit en français dans Cas, VIII, 1823, 97.

Ellis, Polynesian researches, 2e éd., 4 vol. 8°, London, 1832 ; vol. III, p. 172.

§ 49. ASTRONOMIE DES CHINOIS.

L'histoire de l'Astronomie en Chine est exposée sommairement dans Montucla, HdM, I, 1799, 450-468.

Il faut citer comme sources spéciales, relatives à cette histoire :

287. Gaubil, A. Histoire abrégée de l'Astronomie chinoise.

Dans *Souciet, E.* Observations mathématiques, astronomiques, géographiques,

chronologiques et physiques, tirées des anciens livres chinois ou faites nouvellement aux Indes et à la Chine par les PP. de la Compagnie de Jésus, 3 vol. 4°, Paris, 1729-1732; au vol. II, 1732, p. 1.

Au vol. III, 1732, de ces Observations mathématiques de *Souciet*, on trouve en outre :

288. **Gaubil, A.** Traité de l'Astronomie chinoise.

Cet ouvrage important se divise de la manière suivante : Astronomie chinoise depuis les premiers siècles de la monarchie chinoise jusqu'à l'an 206 avant Jésus-Christ (p. 1); méthodes chinoises (p. 150); du calcul des éclipses pour différents endroits de l'empire de la Chine (p. 211); méthode chinoise pour supputer le mouvement des cinq planètes (p. 220); du catalogue des éclipses du soleil (p. 235); observations des éclipses de lune (p. 367).

La première partie est une histoire plus développée et plus complète que celle du tome II. Elle a été reproduite sous le titre :

289. **Gaubil, A.** Histoire de l'Astronomie chinoise depuis le commencement de la monarchie chinoise jusqu'à l'an 206 avant Jésus-Christ.

Dans la « nouvelle édition » des Lettres édifiantes et curieuses écrites des missions étrangères, 26 vol. 12°, Paris, 1780-1783; vol. XXVI, 1783.

Sur les anciennes observations astronomiques des Chinois, il faut encore voir les deux mémoires de Gaubil, publiés d'après ses manuscrits déposés à l'Observatoire de Paris :

290. **Gaubil, A.** Des solstices et des ombres méridiennes du gnomon observés à la Chine. **CdT, 1809, 382.**

291. **Gaubil, A.** Observations chinoises depuis l'an 147 avant Jésus-Christ. **CdT, 1810, 300.**

On consultera aussi le résumé des principales observations anciennes des Chinois :

292. **Johnson, S. J.** Ancient Astronomy and eclipses of the Chinese. **ARr, XIII, 1875, 257.**

Quant aux observations faites en Chine des taches du Soleil, des comètes et des météorites, elles figureront sous ces différents articles. On se borne ici à indiquer encore sur l'Astronomie chinoise :

293. **Verbiest, F.** Liber organicus Astronomiae europeae apud Sinas restitutae; fol., Pekini, 1668.

Sur papier de Chine, dont les feuillets ne sont imprimés que d'un côté. Dix-huit feuillets de discours latin, suivis de 250 feuillets de figures, avec l'explication en chinois sur chacune d'elles. Un exemplaire à la Bibliothèque nationale de Paris.

294. Verbiest, F. Astronomia europaea sub imperatore tartarico-sinico Cam Hy [Kang-hi] appellato ex umbra in lucem revocata; 4°, Dilingiae, 1687.

Assez rare. Ce livre est nécessaire à ceux qui veulent connaître l'Astronomie des chinois. Une planche tirée de l'ouvrage précédent représente l'Observatoire de Péking.

295. Biot, J. B. Précis de l'histoire de l'Astronomie chinoise. JdS_5, 1861, 284...

296. Sédillot, L. A. De l'Astronomie et des mathématiques chez les Chinois. BdB. I, 1868, 161.

297. Schlegel, G. Uranographie chinoise, ou preuves directes que l'Astronomie primitive est originaire de la Chine, et qu'elle a été empruntée par les anciens peuples occidentaux à la sphère chinoise; 2 vol. 8° et atlas fol., La Haye & Leide, 1875.

La haute antiquité que l'auteur attribue à la sphère chinoise est contestée par *J. Bertrand,* Uranographie chinoise; JdS_5, 1875, 557. On verra aussi la critique de *S. Günther,* dans : Leipzig, Vjh, XII, 1877, 29, et la réponse de *G. Schlegel,* dans : La Haye, Bij_4, IV, 1880, 550.

On peut également étudier l'Astronomie des Chinois dans un certain nombre d'ouvrages composés en Chine, dont nous allons citer les plus importants :

298. Lu-Pu-Guey. Yve ling kouang y (c'est-à-dire Lunarum ordinationis lata expositio); 8 vol., Peking, 1587.

Cet ouvrage très-ancien a été revu et corrigé par Chu-ven-kum au treizième siècle, puis par Tai-gin au seizième. Il contient non-seulement l'Astronomie et l'Astrologie, mais les phénomènes observés sont rapportés aux événements historiques chinois contemporains. Il y a un exemplaire de cet important ouvrage à la Bibliothèque nationale de Paris.

299. Hoang-lo-Gan. Tien ven ta tching (c'est-à-dire Coeli scientiae magnum opus). 24 livres en 12 petits volumes, Peking, vers 1580.

Cet ouvrage est également exclusivement chinois. La date de sa composition est antérieure à l'arrivée des jésuites en Chine. Ce livre traite d'Astronomie et d'Astrologie. Dans le vol. I, après la préface, on voit une liste de cinq cents astronomes ou astrologues chinois. Il y a un grand nombre de figures, illustratives de la sphère céleste et des apparences des planètes. Un exemplaire existe à la Bibliothèque nationale de Paris, et un à la Bibliothèque publique de Bamberg.

Quelques ouvrages ont été composés en chinois par les missionnaires, pour faire connaître en Chine l'Astronomie des Européens. Tel était, entre autres, le but du texte

chinois du Liber organicus de *Verbiest*, qui vient d'être mentionné (n° 293). On peut citer, parmi d'autres ouvrages de ce genre :

300. Diaz, E. Youan thian thou choue (Tractatus de sphaera coelesti) ; Peking, vers 1620.

301. [Diaz, E.] Tien muen lio (Coeli porta parva) ; Peking, vers 1625.

Plusieurs exemplaires à la Bibliothèque nationale de Paris; un à la Bibliothèque royale de Berlin.

302. Terrentius, J. Chun kay thung chian thu schue (De sphaerae rectae constructione et eclipsibus) ; 2 vol., Peking, vers 1625

Un exemplaire à la Bibliothèque royale de Berlin.

Les planisphères suivants ont été destinés par les missionnaires à l'enseignement de l'Astrognosie parmi les Chinois, et suivant la sphère chinoise :

303. Ursis, S. de. Planisphaerium (en chinois) ; Peking, vers 1612.

304. *** Folium planum directionum, universarumque stellarum tabula (en chinois : Kien ping kuey, cung sing tu) ; Peking, vers 1683.

305. *** Aequatoris, australium ac septentrionalium stellarum tabula (en chinois : Che tao nan pe sing tu) ; Peking, vers 1683.

Pour l'intelligence des observations astronomiques des Chinois, il est essentiel de savoir interpréter les noms sous lesquels ce peuple désigne les étoiles. L'Uranographie chinoise de *Schlegel*, citée plus haut (sous le n° 297), avec l'atlas qui l'accompagne, servira de guide dans ce travail d'identification. On peut recourir en outre aux synonymies qui se trouvent dans :

Noel, F. Observationes mathematicae et physicae in India et China factae, 4°, Pragae, 1710 ; p. 65 et suiv.

Souciet, E. Observations mathématiques, astronomiques, géographiques, chronologiques et physiques, tirées des anciens livres chinois ou faites nouvellement aux Indes et à la Chine par les PP. de la Compagnie de Jésus, 3 vol. 4°, Paris, 1729-1732 ; vol. III, p. 79 et suiv. (par *A. Gaubil*).

Il existe des planisphères spéciaux avec les noms chinois :

306. Nin-ming-'o [nom chinois de P. Grimaldi]. Fang-sing thou kiaï (Explicatio planisphaerii) ; [Peking], 1711.

Six feuilles, dans lesquelles les positions des étoiles sont prises des six planches du Globi coelestis in tabulas planas redacti descriptio, fol., Parisiis, 1674, de *I. G. Pardies*. Ces six feuilles forment les côtés d'un cube circonscrit à la sphère.

507. Guignes, J. de. Planisphères chinois. Paris, Mpr_1, X, 1785, Append.

La correspondance est également établie dans :

508. Reeves, J. Chinese names of stars and constellations, collected at the request of Dr. Morrison for his chinese dictionary; 4°, Canton, 1819.

Avec une carte céleste. Ce petit ouvrage fait suite au Dictionary of the chinese language, de *R. Morrison,* 3 vol. 4°, Macao, 1815-1823. Ces synonymes sont reproduits sous forme de catalogue dans *J. Bentley,* A historical view of the hindu Astronomy, 1823. (Voir § 50, n° 512.)

Joignons ici, en terminant, l'indication de deux sources relatives, l'une aux Tartares, l'autre aux Japonais.

509. Rémusat, J. P. A. L'Uranographia mongolica.

Dans le recueil Fundgruben des Orients bearbeitet durch eine Gesellschaft von Liebhabern, Mines de l'Orient exploitées par une Société d'amateurs, 6 vol. fol., Wien, 1809-1818; vol. III, 1813.

Ce mémoire contient un tableau des 119 constellations de la sphère tartare, comparées à celles des planisphères chinois et grec.

510. Le Vallois. Les sciences exactes chez les Japonais.

Dans Congrès international des orientalistes, compte-rendu de la Ire session, 8°, Paris, 1874, p. 289.

§ 50. ASTRONOMIE DES INDIENS.

Nous commencerons par citer les histoires proprement dites de l'Astronomie indienne. On ne lira pas sans intérêt, notamment pour l'analyse des travaux de *Legentil,* l'Histoire de l'Astronomie chez les Indiens, qui est dans Montucla, HdM, I, 1799, 423-447. On consultera ensuite :

511. Bailly, J. S. Traité de l'Astronomie indienne et orientale, suite de l'Astronomie ancienne; 4°, Paris, 1787.

512. Bentley, J. A historical view of the hindu Astronomy, from the earliest dawn of that science in India, down to the present time; 4°, Calcutta, 1823. — Réimpr. 8°, London, 1825.

L'auteur donne à la fin des tables d'équations indiennes, des remarques sur l'astronomie chinoise, et une explication du zodiaque égyptien de Denderah.

513. Biot, J. B. Études sur l'Astronomie indienne et sur l'Astronomie chinoise; 8°, Paris, 1862.

Ces études avaient eu une première édition dans : JdS_3, 1845, 719.

514. **Guérin, J. M. F.** Astronomie indienne d'après la doctrine et les livres anciens et modernes des brames sur l'astronomie, l'astrologie et la chronologie, suivie de l'examen de l'Astronomie des anciens peuples de l'Orient et de l'explication des principaux monuments astronomico-astrologiques de l'Égypte et de la Perse; 8°, Paris, 1847.

Cet ouvrage contient un article sur l'Astronomie des Chinois (p. 158), un autre sur l'Astronomie des Chaldéens comparée à celle des Indiens (p. 180), et un sur l'Astronomie des Égyptiens et leur chronologie (p. 192).

515. **Sédillot, L. A.** De l'Astronomie indienne.

Dans son ouvrage : Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux, 2 vol. 8°, Paris, 1845-1849; vol. II, p. 421.

516. **Müller, M.** On ancient Hindu Astronomy and chronology; 4°, Oxford, 1862.

On n'est pas d'accord sur l'antiquité à laquelle remontent dans l'Inde les connaissances astronomiques, ni sur les rapports des Orientaux avec les Occidentaux dans ces études premières. A ce point de vue on consultera :

517. **Legentil, G.** Mémoire sur la conformité ou la ressemblance de l'Astronomie des Brames de nos jours avec celle des anciens Chaldéens.

Dans son Voyage dans les mers de l'Inde, 2 vol. 4°, Paris, 1779; vol. I, p. 321.

518. **Legentil, G.** Remarques et observations sur l'Astronomie des Indiens, et sur l'ancienneté de cette Astronomie. **Paris, H & M, 1784, 482.**

519. **Jones, W.** On the antiquity of the indian zodiac. **Calcutta, AsR, II, 1790, 289.**

520. **Schaubach, J. K.** De studii astronomici apud Indos origine et antiquitate. **Gotinga, Ces_3, I, 1811.**

Résumé en allemand par l'auteur : **BaJ, 1812, 112**, et d'après cet article dans **MCz, XXV, 1812, 294.**

521. **Stuhr, P. F.** Untersuchungen über die Ursprünglichkeit und Alterthümlichkeit der Sternkunde unter den Chinesen und Indiern und über den Einfluss der Griechen auf den Gang ihrer Ausbildung; 8°, Berlin, 1831.

522. **Chasles, M.** Recherches sur l'Astronomie indienne et chaldéenne. **Paris, Crh, XXIII, 1846, 845.**

S'il s'agit des méthodes employées, dans l'Inde, aux calculs astronomiques, on aura recours aux mémoires et ouvrages suivants :

523. **Cassini, J. D.** Règles de l'Astronomie indienne pour calculer les mouvements du Soleil et de la Lune, expliquées et examinées [1689]. **Paris, ROb, 1693, n° 11. — Réimpr. : Paris, His, VIII, 1730, 211.**

524. **Legentil, G.** Mémoire sur l'Inde, particulièrement sur quelques points de l'Astronomie des gentils Tamouls. **Paris, H & M, 1772, II, 169.**

525. **Legentil, G.** De la durée du monde et de ses différents âges selon les Brahmes. **Paris, H & M, 1772, II, 190.**

Précession des équinoxes, époques des mouvements du Soleil et de la Lune; avec une carte du zodiaque indien.

526. **Legentil, G.** Méthode en usage parmi les brames de la côte de Coromandel pour calculer les éclipses de Lune. **Paris, H & M, 1772, II, 221.**

527. **Legentil, G.** Voyage dans les mers de l'Inde; 2 vol. 4°, Paris, 1779.

On trouve, vol. I, les articles suivants : Sur quelques points de l'Astronomie des Indiens de la côte de Coromandel (p. 206), de l'usage du gnomon chez les brames (p. 217), de la longueur de l'année selon les brames (p. 230), du zodiaque et des 27 constellations ou lieux de la Lune selon les brames (p. 246), ressemblance de l'Astronomie des brames avec celle des Chaldéens (p. 321).

528. **Davis, S.** On the astronomical computation of the Hindus. **Calcutta, AsR, II, 1790, 225.**

Il y a un exemple du calcul des éclipses.

529 **Delambre, J. B. J.** Formules des Hindoux pour calculer les éclipses. **CdT, 1808, 447.**

Traduit en anglais dans PMg_1, XXVIII, 1807, 18.

530. **Cantor, M.** Die Methode südindischer Astronomen.

Dans ses Mathematische Beiträge zur Kulturleben der Völker, 8°, Halle, 1863; p. 68.

Si l'on veut puiser aux sources originales, on aura d'abord le dictionnaire d'Amarasinha, auteur très-ancien, probablement du Ier siècle de notre ère, puis le grand

traité du Surya-siddhânta ou « Sol demonstratus » et ses commentaires. Voici les titres de ces publications :

331. Amarasinha. Dictionarii samserdamici sectio prima de coelo, ex tribus ineditis codicibus indicis manuscriptis, curante Paulino a S. Bartholomaeo; 4°, Romae, 1798.

Texte en caractères tamouls, avec explication en latin. Ce premier livre renferme, dans deux chapitres, les objets surnaturels et les termes relatifs aux qualités morales et à la philosophie.

Le dictionnaire entier d'*Amarasinha* a été publié sous le titre de Amara-Kosha (trésor d'Amara), à Calcutta, 8°, 1807, par *H. T. Colebrooke*. Cet orientaliste l'a réédité, 4°, Calcutta, 1808, avec une traduction anglaise, et *Loiselenr-Deslongchamps* l'a donné à Paris, en 1839-1845, 2 vol. 8°, avec une traduction française.

332. The Surya-siddhânta, with its commentary the Gudhartha-Prakasaka, edited by *F. E. Hall*; 8°, Calcutta, 1854.

333. Burgess, E. Translation of the Surya-siddhânta, a text book of indian Astronomy; 8°, New Haven, 1860.

La date du Surya-siddhânta est également inconnue. Il paraît seulement que cet ouvrage est postérieur à *Ptolémée* et antérieur au onzième siècle, probablement du quatrième siècle.

Dans cette traduction, au chap. VIII, p. 175-220, on trouvera les moyens d'identifier les constellations de l'Inde avec les nôtres. Cette identification peut encore se faire à l'aide des synonymies qui se trouvent dans :

334. Jones, W. On the antiquity of the indian zodiac. Calcutta, AsR, II, 1790, 289.

335. Davis, S. On the indian cycle of sixty years. Calcutta, AsR, III, 1792, 209.

Avec une carte des constellations hindoues.

336. Colebrooke. H. T. On the indian and arabian divisions of the zodiack. Calcutta, AsR, IX, 1807, 323.

337. Biot, J. B. Sur les naschatras ou mansions de la Lune selon les Hindoux. JdS_3, 1845, 39.

Concordance entre les astérismes hindous et les astérismes arabes d'Al-Birouni Abou-Ryhan] (onzième siècle).

On peut rattacher ici les études de *Laloubère* et de *Cassini* sur l'Astronomie siamoise :

358. **Laloubère, S. de.** Règles de l'Astronomie siamoise pour calculer les mouvements du Soleil et de la Lune, traduites du siamois [par *de Laloubère*], expliquées et commentées par [*J. D.*] *Cassini.*

Dans le vol. II de la Relation [Description] du royaume de Siam, par *de Laloubère*, 2 vol. 12°, Paris, 1691. — Réimprimé ou pourvu de nouveaux titres, 2 vol. 12°, Amsterdam, 1691, 1700, 1713, 1714.

§ 51. ASTRONOMIE DES ASSYRIENS.

La culture de l'Astronomie dans les plaines de la Mésopotamie remonte à une antiquité beaucoup plus haute qu'on ne l'avait cru d'abord. Les tablettes de Ninive sont venues nous convaincre de l'existence d'observations astronomiques remontant au — XXII[e] siècle (ou XXII[e] siècle avant notre ère). Ces observations étaient faites par les Accadiens, peuple qui a précédé les Babyloniens.

Voyez à ce sujet :

359. Sayce, A. H. Astronomy and astrology of the Babylonians.

Dans les Transactions of the Society of biblical archaeology, 8°, London; vol. III, 1875, p. 145 et 359.

340. **Bosanquet, R. H. M. & Sayce, A. H.** Preliminary paper on the Babylonian Astronomy. **London, MNt, XXXIX, 1879, 454;**

et les mêmes :

341. The Babylonian Astronomy, n° 2. **London, MNt, XL, 1880, 105.**

A ces recherches sur la plus ancienne Astronomie de l'Asie occidentale, il faut ajouter :

342. **Ideler, C. L.** Ueber die Sternkunde der Chaldäer. **Berlin, Abh, 1814-15, Phil, 199.**

Ce mémoire est traduit en français sous le titre :

Sur les connaissances astronomiques des Chaldéens (par *N. Halma*, formant l'App. I, à la suite de son édition des Hypothèses et époques des planètes de *Ptolémée;* 4°, Paris, 1820).

543. **Lenormant, F.** Les origines de l'histoire; 8°, Paris, 1880.

Ce livre contient plusieurs articles sur le sujet qui nous occupe, notamment : le calendrier babylonien et le rapport entre les signes du zodiaque et les mythes cosmogoniques (p. 238); le sens astronomique de la succession des Dieux protecteurs des mois (p. 255); les récits cosmogoniques chaldéens, babyloniens, assyriens et phéniciens (p. 493); comparaison du calendrier chaldéo-assyrien aux autres calendriers sémitiques, avec les textes classiques (p. 589).

On trouvera aussi un aperçu général de l'Astronomie des peuples de l'antiquité qui habitaient l'occident de l'Asie, dans **Lewis, HSy, 1862, 256, 597.**

Les plus anciennes observations ont fait l'objet de travaux spéciaux :

544. **Larcher, P. H.** Mémoires sur les observations astronomiques envoyées à Aristote par Callisthène. **Paris, Ins', IV, 1818, 458.**

545. **Seyffarth, G.** An astronomical inscription concerning the year B C 1722; 8°, Saint-Louis, 1859.

546. **Hincks, E.** On certain babylonian observations of the planet Venus. **London, MNt, XX, 1860, 319.**

Même sujet traité par l'auteur dans **British Assoc., Rep, 1860, II, 55.**

547. **Martin, T. H.** Mémoire sur les observations astronomiques envoyées, dit-on, de Babylone en Grèce par Callisthène. **Paris, MpI, VI, II, 1863.**

§ 52. ASTRONOMIE DES ÉGYPTIENS.

L'un des premiers résumés à lire est la partie du livre de *Lewis* relative à la science astronomique dans l'ancienne Égypte : **Lewis, HSy, 1862, 264 & 315.**

Le principal intérêt de l'Astronomie égyptienne se concentre sur la question des zodiaques. Cette question, si longtemps controversée, a été soulevée dans deux mémoires du commencement de ce siècle :

548. **Deluc, J. A.** Réflexions sur les zodiaques trouvés dans la haute Égypte.

Dans la Bibliothèque britannique, sciences et arts; 8°, Genève; vol. XX, 1802, p. 94.

549. **Dupuis, C. F.** Observations sur le zodiaque de Dendra.

Dans le Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts, par *J. C. Delaméthrie*, 4°, Paris; vol. LXIII, 1806, p. 127.

La grande description de l'Égypte renferme plusieurs mémoires importants pour l'Astronomie égyptienne. Voici le titre de cet ouvrage :

550. Description de l'Égypte, ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition française; 9 vol. fol. de texte et 12 vol. plano de planches; Paris, 1809-1822. — Réimpr. 26 vol. 8° de texte et 12 vol. plano de planches, Paris, 1821-1830.

Les Antiquités, vol. I, 1809, contiennent, entre autres, dans la section des Mémoires :

Raige, Mémoire sur le zodiaque nominal et primitif des anciens Égyptiens, p. 169.

Jomard, E., Essai d'explication d'un tableau astronomique peint au plafond du premier tombeau des rois de Thèbes, à l'Ouest de la vallée, suivi de recherches sur le symbole des équinoxes, p. 255.

Jollois & Devilliers, Recherches sur les bas-reliefs astronomiques des Égyptiens, p. 427. — Un appendice a paru en 1834.

Jomard, E., Notions astronomiques [des anciens Égyptiens], p. 728.

Fourier, J., Recherches sur les sciences... de l'Égypte, p. 803. — Il y est principalement question de l'Astronomie.

Dans le même volume, Descriptions, app. II, se trouve :

Jollois & Devilliers, Description des monuments astronomiques découverts en Égypte, laquelle comprend : 1) le zodiaque du portique d'Esné, p. 3; 2) le zodiaque du temple au N. d'Esné, p. 5; 3) le plafond d'une des salles du temple d'Erment, p. 6; 4) le tableau astronomique peint au plafond du premier tombeau des rois à l'O., p. 7; 5) le zodiaque du portique du temple de Denderah, p. 10; 6) le zodiaque circulaire du temple de Denderah, p. 13.

Dans les Antiquités, vol. II, 1818, il faut indiquer :

Fourier, J., Mémoire sur les monuments astronomiques de l'Égypte, p. 71.

Les recherches de *J. B. Biot* occupent une grande place dans l'étude des zodiaques et en général de toute l'Astronomie des anciens Égyptiens. Voici les titres des principaux mémoires de ce savant, qui se rapportent à cet objet :

551. Biot, J. B. Recherches sur plusieurs points de l'Astronomie égyptienne appliquée aux monuments astronomiques trouvés en Égypte; 8°, Paris, 1823.

552. Biot, J. B. Mémoire sur divers points d'Astronomie ancienne et en particulier sur la période sothiaque. Paris, Mem_2, XX, 1849, 1.

353. Biot, J. B. Mémoire sur le zodiaque circulaire de Denderah. Paris, Ins', XVI, II, 1850, 1.

354. Biot, J. B. [Remarques sur l'Astronomie égyptienne.] JdS_3, 1856, 705; 1857, 5.

On y joindra :

355. Letronne, A. J. Analyse critique des représentations zodiacales de Denderah et d'Esné. Paris, Ins', XVI, II, 1850, 102, 190.

356. Presle, Brunet de. Notice sur le papyrus astronomique du Louvre et sur le zodiaque rectangulaire de Denderah. Paris, Ins', XX, 1852, 246.

357. Lepsius, C. R. Chronologischer Werth einiger astronomischen Angaben auf ägyptischen Denkmälern. Berlin, Ber, 1854, 33.

358. Paravey, C. de. Illustrations de l'Astronomie hiéroglyphique et des planisphères et zodiaques retrouvés en Égypte, en Chaldée, dans l'Inde et au Japon; 8°, Paris, 1869.

359. Riel, C. Der Thierkreis und das feste Jahr von Dendera; 4°, Leipzig, 1878.

§ 53. ASTRONOMIE DES GRECS.

Les ouvrages suivants contiennent un tableau plus ou moins général de l'Astronomie grecque :

360. Schaubach, J. K. Geschichte der griechischen Astronomie bis auf Eratosthenes; 8°, Göttingen, 1802.

361. Ideler, C. L. Historische Untersuchungen über die astronomischen Beobachtungen der Alten; 8°, Berlin, 1806.

Traduction.

Recherches historiques sur les observations astronomiques des anciens (par *N. Halma,* à la suite de son édition des Commentaires de *Théon* sur le Canon des Rois de *Ptolémée;* 4°, Paris, 1819).

362. Ideler, C. L. Ueber den Cyclus des Meton. Berlin, Abh, 1814-15, Phil, 230

Traduction française par *N. Halma* à la suite de son édition des hypothèses et époques des planètes de *Ptolémée,* 4°, Paris, 1820; append. n° 2.

363. **Narrien, J.** An historical account of the origin and progress of Astronomy, with plates illustrating, chiefly, the ancient systems; 8°, London, 1833.

364. **Könitzer, J. S.** Vorstellungen der Griechen über die Ordnung und Bewegung der Himmelskörper bis auf die Zeit des Aristoteles; 4°, Neu-Ruppin, 1839.

365. **Sédillot, L. A.** Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et chez les Orientaux; 2 vol. 8°, Paris, 1845-1849.

Nous signalerons particulièrement, dans le vol. I de cet ouvrage, les morceaux sur l'Astronomie grecque, p. 1, et sur les instruments astronomiques des Grecs, p. 289.

366. **Gruppe, O. F.** Die kosmischen Systeme der Griechen; 8°, Berlin, 1851.

367. **Lewis, G. C.** An historical survey of the Astronomy of the ancients; 8°, London, 1862.

Ouvrage érudit, dans lequel les sources sont soigneusement indiquées. L'auteur traite des Grecs, des Romains, des Babyloniens, des Égyptiens, des Assyriens et des Phéniciens.

368. **Foerster, W.** Die Astronomie des Alterthums und des Mittelalters im Verhältniss zur neuern Entwitkelung. **ZfM, II, 1863, 49.**

369. **Hofmann, G.** Die Astronomie der Griechen bis zu Euripides Zeit; 8°, Triest, 1865.

370. **Martin, T. H.** Astronomia, Astronomie grecque et romaine, article extrait du Dictionnaire des antiquités grecques et romaines, 4°, Paris; vol. I, 1873, p. 476.

371. **Martin, T. H.** Mémoires sur les hypothèses astronomiques des plus anciens philosophes de la Grèce étrangers à la notion de la sphéricité de la Terre. **Paris, Ins', XXIX, II, 1878.**

372. **Martin, T. H.** Histoire des hypothèses astronomiques grecques qui admettent la sphéricité de la Terre. **Paris, Ins', XXX. 1880.**

373. **Martin, T. H.** Mémoire sur l'histoire des hypothèses astronomiques chez les Grecs et les Romains. **Paris, Ins', XXX, 1880.**

Les questions qui se rattachent au mouvement de la Terre et à la distance des corps célestes ont été traitées d'une manière spéciale par divers auteurs :

374. **Oettinger, L.** Die Vorstellungen der alten Griechen und Römer über die Erde als Himmelskörper; 4°, Freiburg im Brisgau, 1850.

375. **Schiaparelli, G. V.** Opinioni e ricerche degli antichi sulle distanze e sulle grandezze dei corpi celesti, e loro idee sull'estensione dell'universo visible. **Milano, Mem_3, I, 1867.**

376. **Schiaparelli, G. V.** I precursori di Copernico nell'antichità. **Milano, Pub, III, 1873, 1.** — Également **Milano, Mem_3, III, 1873, 381.**

Traduction.

Die Vorläufer des Copernicus im Alterthum (par *M. Curtze*); 8°, Leipzig, 1876.

377. **Hahnemann, ...** Die Ansichten der alten Astronomen über die Entfernungen der Soune und des Mondes von der Erde und über die Grössen dieser Himmelskörper.

Dans la Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften, herausgegeben von den naturwissenschaftlichen Vereine für Sachsen und Thüringen, 8°, Berlin; vol. XLV, 1875, p. 281.

Les sphères d'Eudoxe ont fait l'objet de mémoires très-importants :

378. **Ideler, C. L.** Ueber Eudoxus. **Berlin, Abh, 1828, Phil., 189; 1830, Phil, 49.**

379. **Schiaparelli, G. V.** Le sfere omocentriche di Eudosso, di Calippo e di Aristotele. **Milano, Pub, IX, 1875, 1.** — Également **Milano, Mem_3, IV, 1877, 117.**

380. **Tannery, J.** Note sur le système astronomique d'Eudoxe.

Dans les Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 2e série, 8°, Bordeaux; vol. I, 1876, p. 440. L'auteur y expose en langage algébrique la restitution du système d'Eudoxe donnée par *Schiaparelli* (n° précédent).

Les astronomes grecs représentaient les mouvements des planètes dans deux hypothèses, celle des excentriques et celle des épicycles. Le calcul des mouvements dans ces deux méthodes est exposé dans les deux mémoires ci-dessous :

381. **Raabe, J. L.** Allgemeine Theorie der Epicykeln. **JfM, I, 1826, 289.**

382. **Biot, J. B.** Calcul des inégalités apparentes du mouvement dans l'excentrique. **JdS_3, 1859, 584.**

§ 54. AUTEURS GRECS AVANT HIPPARQUE.

Nous allons donner ci-dessous une bibliographie choisie des astronomes grecs, qui facilitera, nous l'espérons, les lectures, les recherches et le choix des éditions. Une bibliothèque contenant les ouvrages que nous indiquons, renfermerait à peu près tout ce qui possède une valeur historique réelle.

Nous comptons les siècles antérieurs à notre ère, au moyen des nombres ordinaux négatifs. Le — I[er] siècle s'étend, en remontant, de l'année — 1 à l'année — 100; le — II[e] siècle de — 101 à — 200, et ainsi des autres. Lorsque nous parlons du commencement ou de la fin d'un siècle négatif, nous l'entendons en descendant, c'est-à-dire que — 390, par exemple, est vers le commencement du — IV[e] siècle, et — 310 vers la fin.

Les différents auteurs sont rangés dans ce qui suit par ordre chronologique :

Autolycus.

Seconde moitié du — IV[e] siècle. Les deux traités d'*Autolycus* Peri kinouménes sphairas (de sphaera mobili) et Peri epitolôn kai duseôn (de ortibus et occasibus) sont les plus anciens ouvrages grecs, sur l'Astronomie, qui nous soient restés. Le premier a été d'abord publié, précédé des Sphériques de Théodose, dans les recueils :

Maurolycus, Sph, 1558.
Dasypodius, SDP, 1572.

Ces traités ont été donnés ensuite, en latin, par un Napolitain, dans deux volumes séparés dont voici les titres :

383. Autolyci de sphaera quae movetur, *J. Auria* interprete; 4°, Romae, 1587. — Réimpr. (avec l'addition en latin de *Theodosii* tripolitae De habitationibus liber), 4°, Romae, 1588.

384. Autolycus. De ortu et occasu astrorum, *Theodosius* De diebus ac noctibus, *J. Auria* interprete; 4°, Romae, 1588. — Réimpr. (les deux ouvrages parfois séparés), 4°, Romae, 1591.

Il existe une traduction française :

385. Deux livres d'Autolice, l'un de la sphère, et l'autre du lever et du coucher des étoiles non errantes, ensemble le livre de *Théodose* des Habitations, traduits par *P. Fourcadel;* 4°, Paris, 1572.

Des deux traités d'*Autolycus,* le premier, ou de la Sphère, donne la théorie sphérique du mouvement diurne; l'autre contient des théorèmes sur les levers et couchers, cosmiques et acronyques. Ce dernier a été traduit en arabe par Costa ben Loma; la Bibliothèque de Leyde possède une copie de cette traduction.

Aristote.

Le De coelo, qui contient la cosmographie d'Aristote, a été composé vers l'an — 350. Bien qu'écrit en grec, il a d'abord été imprimé séparément en latin, avec le commentaire d'*Averroes,* sous le titre :

386. Aristotelis Liber de coelo et mundo; fol., Patavii, 1473.

D'autres versions latines ont paru successivement : celle de *G. Valla* dans

Nicephorus, Ast, 1498;

d'autres séparément :

387. Aristotelis De coelo libri quatuor, *J. Argyrophilo* byzanteo interprete; 12°, Lugduni, 1545.

388. Aristotelis De coelo libri IV, *J. Peronio* interprete, per *N. Grouchium* correcti et emendati; 4°, Parisiis, 1560.

389. Aristotelis De coelo libri quatuor; de generatione et corruptione libri duo; 12°, Lipsiae, 1821.

Le texte grec se trouve, avec ou sans version latine, dans les différentes éditions des Opera d'Aristote (§ 67, n[os] 763-776).

Il y a des traductions du De coelo dans plusieurs langues vivantes, savoir :

390. Aristotele. Del cielo e del mondo libri IV, tradotti di greco in vulgare italiano per *A. Brucioli;* 8°, Venetia, 1552.

391. Aristoteles' Works translated from the greek by *T. Taylor;* 10 vol. 4°, London, 1812. — La traduction du De coelo est dans le tome III. Ce bel ouvrage n'a été tiré qu'à 50 exemplaires.

392. Aristoteles' Vier Bücher über das Himmelsgebäude und zwei Bücher über Entstehen und Vergehen, griechisch und deutsch von *C. Prantl*; 8°, Leipzig, 1857. — Texte réimpr., 8°, Lipsiae, 1881.

Formant le vol. II des Aristoteles' Werke Griechisch und Deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen, herausgegeben von *C. Prantl.*

393. Traité du ciel d'Aristote traduit en français et annoté par *J. Barthélemy de Saint-Hilaire;* 8°, Paris, 1866.

L'astrognosie, avec les fables et allégories qui se rattachent aux astérismes, tient une place importante dans l'astronomie ancienne des Grecs. Les ouvrages qu'on va mentionner se placent presque exclusivement à ce point de vue.

Empedocles.

Bien que cet auteur ait vécu vers le milieu du — Ve siècle, les fragments poétiques qui passent sous son nom, et que d'autres ont attribués à *Demetrius*, sont vraisemblablement moins anciens. Le texte grec a été publié pour la première fois dans

Stephanus, PGp, 1573.

Et séparément :

394. Empedoclis Sphaera vel *Demetrii* triclinii; 4°, Lutetiae, 1584.—Réimpr., 4°, Lutetiae, 1587.

Dans la seconde de ces éditions le texte est augmenté d'une version latine par *Q. S. F. Christianus.*

Il y a eu ensuite plusieurs éditions, dans lesquelles le texte s'est successivement amélioré.

395. Sphaera Empedoclis, graece et latine; 4°, Dresdae, 1711.

Puis dans :

Fabricius, J. A. BGr, I, 1708, 478.

Il y a ensuite plusieurs éditions plus modernes, une de *F. G. Sturz* en 1805, une de *A. Peyron* en 1810 d'après les Mss de Turin, une de *H. Stein* en 1852.

Il sera plus commode de chercher la Sphère attribuée à *Empédocle* dans les collections, notamment dans :

Reizius, PmG, III, 1823.

Karsten, PGR, II, 1838.

Didot, BsG, Fragmenta philosophorum graecorum, I, 1860 (revu par *Mullbach*).

Aratus.

Au — IIIe siècle, *Aratus* a composé, d'après *Eudoxe*, un poëme grec qui est aussi une astrognosie. Ce poème a été commenté en grec par *Théon* d'Alexandrie, traduit en latin par *Cicéron* et par *Germanicus* Caesar, et paraphrasé dans la même langue par Rufus Festus *Avienus.*

C'est dans ces versions latines que les Astronomiques d'*Aratus* ont été pour la

première fois livrées à l'impression. La première édition, très-rare, est à Poulkova; elle a pour titre :

396. *R. F. Avienus,* Arati Phaenomena latinis versibus reddita; Fragmentum *Arati* Phaenomenon per *Germanicum* in latinum conversum; *Ciceronis* fragmentum *Arati* Phaenomenon; 8°, Venitiis, 1488.

Ces versions sont de nouveau réunies dans :

Morelius, Ara, 1559.

La version de *Germanicus* se trouve encore à la suite des Astronomiques de *Manilius,* édition de 1473 (§ 56, n° 501).

Le texte grec a été d'abord publié par *Alde* Manuce, à Venise, dans la collection :

Aldus, Ast, 1499.

On le trouve aussi dans :

Valderus, Sph, 1536;
Stephanus, PGp, 1566, 238.

Et avec ces mêmes commentaires dans l'édition de l'Imprimerie royale :

397. Aratou Soleôs Phainomena kai diosemeia; 4°, Parisiis, 1559.

Le texte grec a été réimprimé seul plusieurs fois, en s'améliorant, jusqu'à l'édition :

398. Aratus cum scholiis; recognovit *I. Bekkerus;* 8°, Berolini, 1828.

Ce texte, accompagné de versions latines, figure en outre dans plusieurs collections d'astronomes anciens, entre autres dans :

Dionysius, Orb, 1523;
Hyginius, Fab, 1535;
Proclus, Sph, 1547;
Sanctandreas, AvS, 1589;
Lectius, PgV, I, 1606, 619;
Didot, BsG, XXII, 1846; Poetae bucolici et didactici (*Aratus* par *A. Koechly*).

Il faut également citer les éditions grecques latines :

399. Syntagma Arateorum, opus poeticae et Astronomiae studiosis utilissimum; 4°, Lugduni Batavorum, 1600.

400. Arati Solensis Phaenomena et diosemaea; *Theonis* scholia; animadversiones criticas et novam versionem latinam adjecit *J. T. Buhle*; accedunt versionum *Ciceronis, Avieni* et *Germanici* quae supersunt; 2 vol. 8°, Lipsiae, 1793-1801.

C'est une des meilleures éditions.

Dans celle de *W. Y. Ottley* se trouvent, pour la première fois, dix vers qui étaient inconnus auparavant :

401. *Ottley, W. Y.*, Observations on a manuscript in the British Museum, believed to be of the second or third century, containing *Cicero's* translation of the astronomical poem by Aratus, with... a corrected edition of the poem itself; 4°, London, 1835.

La plus ancienne traduction d'*Aratus* dans une langue vivante est en vers français; on la trouve dans :

402. *Belleau, R.* OEuvres poétiques; 2 vol. 12°, Paris, 1578. — Réimprimé plusieurs fois.

Il y a une autre traduction française, faite par *Daquin* sur la traduction italienne de *Bricci*. Elle est imprimée dans :

403. *Toaldo, J.*, Essai météorologique, traduit par *J. Daquin*; 4°, Chambéry, 1784.

Enfin on possède celle de *Halma*, accompagnée du texte grec :

404. *Halma, N.*, Les phénomènes d'Aratus de Soles et de *Germanicus*, avec les scholies de *Théon*; 4°, Paris, 1821.

Quant à la traduction française de *Pingré*, à la suite de son édition de *Manilius* (§ 56, n° 505), elle n'est faite que sur la version latine de Cicéron. Celle de *P. Despois* et *E. Saviot* se rapporte à la paraphrase d'Avienus, et se trouve dans :

Panckoucke, BSL, Avienus, 1843.

Il existe une première traduction italienne, en vers, par *A. M. Salvini*[*us*], dans :

405. Aratos, Phaenomena graeca, latinis versibus reddidit *M. T. Cicero*, italicis vero *A. M. Salvinius*, cum notis *A. M. Bandinii*; 8°, Florentiae, 1765.

Une seconde, en prose, par *A. L. Bricci*, est insérée dans :

406. *Toaldo, G.*, Saggio meteorologico; 4°, Padova, 1770.

C'est celle qui a été mise en français par *Daquin* (voir plus haut n° 403).

Il faut mentionner enfin la traduction allemande, texte grec en regard :

407. Aratou Phainomena kai diosemeia; Des Aratus Sternerscheinungen und Wetterzeichen, von *J. H. Voss;* 8°, Heidelberg, 1824.

Eudemus Rhodensis.

On a de lui des fragments de quelques lignes sur l'histoire de l'Astronomie, écrits vers — 300, et publiés dans :

Fabricius, BGr, III (Harles), **II, 278.**

Euclide.

Vers l'an — 300. Ses Phainomena contiennent la théorie du mouvement diurne. Ils ont été publiés dans la première édition, maintenant fort rare, des œuvres de ce grand géomètre :

408. Euclidis megarensis philosophi platonici mathematicarum disciplinarum janitoris, habent in hoc volumine quicunque ad mathematicam subsanttiam adspirant, *B. Zamberto* interprete; fol., Venetiis, 1505.

Ils figurent dans les autres collections des œuvres d'Euclide (§ 67, n°s 786-789).

Les Phénomènes ont été publiés de nouveau par *Maurolycus,* en 1558, avec des notes, dans le recueil de mathématiciens grecs, que nous avons désigné par :

Maurolycus, Sph, 1558 et 1626;

puis par *Hasenfuss* dans l'ouvrage que ce savant a donné sous son nom latinisé :

409. Euclidis varia scripta graece et latine edita a *C. Dasypodio;* 8°, Argentorati, 1571.

J. Auria en fit paraître bientôt après une autre version latine :

410. Euclidis Phaenomena post Zamberti et Maurolyci editionem, nunc tandem de Vaticana bibliotheca deprompta..., et de graeca lingua in latinum conversa a *J. Auria;* fol., Romae, 1591.

On trouve encore les Phénomènes dans

Mersennus, Cog, II, 1644 (dans la sect. v intitulée : Collectio auctorum classicorum minorum).

Voyez en outre § 67, n°s 786-789.

Il y a une traduction allemande des Phénomènes :

411. Euclid's Phaenomene, uebersetz und erläutert von *A. Nokk;* 8°, Freiburg, 1850.

On en trouvera une traduction française dans:

412. Les OEuvres d'Euclide en grec, latin et français, par *F. Peyrard;* 3 vol. 4°, Paris, 1814-1818.

ARISTARCHUS SAMIUS [ARISTARQUE].

Vers le milieu du — III[e] siècle. Il a écrit un traité célèbre sur les distances du Soleil et de la Lune, dont un des résultats sera cité chap. XIII. En voici les différentes éditions :

413. Aristarchi de magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae liber, cum *Pappi* explicationibus, a *F. Commandino* latine; 4°, Pisauri, 1572.

Version latine seulement.

Le texte grec a été publié pour la première fois par *Wallis :*

414. Aristarchi samii de magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae liber, nunc primum graece et latine..., edidit notisque illustravit *J. Wallis;* 8°, Oxoniae, 1688.

Texte et version latine reproduits au t. III, p. 569, des Opera mathematica de *Wallis,* 1699 (§ 67, n° 853).

415. Aristarchou samiou biblion peri megethôn kai apostêmatôn hêliou kai selênês, mit kritischen Berichtigungen von *E. Nizze;* 4°, Stralsund, 1856.

Cette édition est à préférer.

Il y a une traduction française:

416. Traité d'Aristarque de Samos sur les grandeurs et les distances du Soleil et de la Lune, par Fortia d'*Urban;* 8°, Paris, 1810. — Réimpr., 8°, Paris, 1823.

Et une traduction allemande :

417. Aristarchus, Ueber die Grössen und Entfernungen der Sonne und des Mondes, übersetzt und erläutert von *A. Nokk;* 8°, Freiburg, 1854.

Le prétendu traité d'*Aristarque,* De mundi systemate, qui aurait été mis en latin d'après une version arabe, était une invention de *Roberval.*

Eratosthenes.

Fin du — III[e] siècle. On lui attribue, mais très-probablement à tort, une description succincte des anciennes constellations et de leur origine mythologique, qui semble un extrait du Poeticon astronomicon d'Hyginus, postérieur de deux siècles. Le titre est Katasterismoi.

La première publication de cet ouvrage, texte grec et version latine, a été faite dans :

418. *T. Gale*, Opuscula physica et ethica; 8°, Amsterdam, 1688.

L'édition la plus connue est :

419. Eratosthenis catasterismi, cum interpretatione latina et commentariis, curavit *J. C. Schaubach*; 8°, Gotingae, 1795.

Avec des notes de *C. G. Heyne*. L'éditeur a représenté les étoiles sur deux cartes où les constellations ne sont pas toujours conformes au texte grec.

Les Catastérismes, en grec, sont joints à plusieurs éditions d'Aratus, notamment à celle de J. C. Mathias, 8°, Francofurti, 1816.

Ils sont reproduits dans :

420. *A. Westermann*, Mythographoi, Scriptores poeticae historiae graeci; 8°, Brunsvigae, 1843.

Ils y occupent les pages 239-267.

Manethon.

Vivait également vers l'an — 300. On lui attribue, sous le titre d'Apotelesmatica, un poëme grec en six livres, qui paraît une compilation d'une époque plus récente. Dans le lib. I, il est traité du caractère des hommes qui naissent sous l'influence des différentes planètes. Le lib. II contient l'astrognosie et la sphère; les lib. III et IV parlent des influences des planètes suivant leurs aspects dans les douze signes. Les deux derniers livres (V et VI) n'ont pas d'intérêt pour l'astronome.

Voici les éditions de ce poëme :

421. Manethonis Apotelesmaticorum libri VI, nunc primum ex bibliotheca medicea editi, cura *J. Gronovii*, qui etiam latine vertit et notas adjecit; 4°, Lugduni Batavorum, 1698.

Le manuscrit était fort incorrect; les éditions suivantes sont de beaucoup préférables :

422. Manethonis Apotelesmaticorum libri sex (recognoverunt *C. A. M. Axtius*

et *F. C. Rigler*); 8°, Coloniae ad Rhenum, 1832. — (Relegit *A. Koechly*), 8°, Parisiis, 1851; (id., texte grec seul), 8°, Lipsiae, 1850, réimpr. 1858.

L'édition de Paris est accompagnée d'une version latine, et fait partie de :

Didot, BSG,

dans la section intitulée « Poetae bucolici et didactici. » *A. Koechly* y range les livres des éditions précédentes dans l'ordre : II, III, VI, IV, I, V. L'édition de Leipzig fait partie de la collection de classiques de Teubner.

Il y a aussi une traduction allemande :

423. Astrologie von **Manetho**, übersetzt und erläutert durch *C. A. M. Axt*; 4°, Wetzlar, 1835.

§ 55. AUTEURS GRECS DEPUIS HIPPARQUE.

A partir d'Hipparque l'Astronomie des Grecs passe de la phase que l'on pourrait appeler poétique, dans celle de l'observation plus ou moins rigoureuse des phénomènes.

Hipparchus [Hipparque].

Il ne nous reste de cet astronome que deux ouvrages : les plus importants ne nous sont pas parvenus, entre autres ceux sur les Grandeurs et les distances du Soleil et de la Lune, sur la durée de l'année, et surtout celui sur la révolution des signes tropicaux et équinoxiaux (Peri tês metaptôseôs tôn tropikôn kai isêmerinôn sêmeiôn), dans lequel il avait consigné sa mémorable découverte de la précession des équinoxes.

Ce grand astronome vivait dans la seconde moitié du — II[e] siècle. Le texte grec des deux traités qui nous restent a été publié par *P. Victorius* :

424. **Hipparchi** Bithynii in Arati et Eudoxi phaenomena libri III; ejusdem liber asterismorum; *Achillis Tatii* in Arati phaenomena prolegomena; fol., Florentiae, 1567. (Voir plus loin n° 477.)

Volume rare, imprimé chez les Juntes.

Dans le premier de ces traités, *Hipparque* traite successivement, lib. I, de l'astrognosie, lib. II des levers et des couchers des étoiles boréales et zodiacales, lib. III de ceux des étoiles australes. Il explique *Aratus* en le discutant, et fait voir que ce poëte avait copié avec plus ou moins de soin un ouvrage plus ancien d'Eudoxe.

Le second traité contient un catalogue d'étoiles, qui a été copié plus tard par *Ptolémée,* en transportant seulement les longitudes. Ce catalogue doit avoir été fait à Rhodes, en — 127 (*F. Baily,* dans : **London, MAS, XIII, 1843, 12**).

Le commentaire d'*Hipparque* sur Aratus et Eudoxe a été réédité, d'après un manuscrit de Paris, dans :

Petavius, Doc, II, 1630,

où il est accompagné d'une version latine.

Posidonius.

Il ne nous reste de cet auteur, qui est du — IIe siècle, que des fragments, conservés pour la plupart par Cléomède et par Strabon. Ces fragments ont été réunis dans l'ouvrage qui a pour titre :

425. Posidonii Rhodii reliquiae doctrinae, collegit atque illustravit *J. Bake*, accedit *D. Wittenbachii* adnotatio ; 8°, Lugduni Batavorum, 1810.

Theodosios [Theodosius, Théodose].

Auteur grec du — Ier siècle. Il a laissé une Astronomie sphérique intitulée Sphaerica, une géographie astronomique sous le titre Peri oikêseôn ou De habitationibus, et un traité sur les arcs diurnes du Soleil en différentes saisons, appelé Peri êmerôn kai nyctôn ou De diebus et noctibus.

Le plus important de ces trois ouvrages, et le premier qui ait été publié, est le traité des Sphériques. On n'en a connu d'abord qu'une version latine, faite par *Platon* de Tivoli sur une traduction arabe :

426. Theodosii Sphaerica latine interprete *Platone* tiburtino; 4°, Venetiis, 1518.

Très-rare. Une autre version fut publiée à Vienne bientôt après :

427. Theodosii De sphaericis libri III, a *J. Vogelin* restituti et scholiis non improbandis illustrati ; 4°, Viennae, 1529.

Le texte grec des Sphériques fut donné d'abord par un mathématicien français :

428. Theodosii tripolitae Sphaericorum libri III, nunquam antehac graece excusi, latine redditi per *J. Penam ;* 4°, Parisiis, 1558. — Réimpr. 4°, Romae, 1586 (avec notes de *C. Clavius*); fol., Moguntiae, 1611 (tiré à part des Opera de *Clavius,* voir § 67, n° 782).

Les Sphériques de Théodose se trouvent, avec le De habitationibus, dans les recueils :

Maurolycus, Sph, 1558 et 1626;

Mersennus, Cog, II, 1644 (sect. v, Collectio auctorum classicorum minorum, p. 242).

Ces deux ouvrages, et le troisième, De diebus et noctibus, sont encore dans :

Dasypodius, SDP, 1572.

On trouve encore les Sphériques dans la publication intitulée :

429. *Archimedis* Opera, *Apollonii* pergaei Conicorum libri IV, Theodosii Sphaerica, methodo novo illustrata et succincte demonstrata per *I. Barrow;* 4°, Londini, 1675.

Et dans le :

430. Cursus seu mundus mathematicus de *C. F. M. Dechales;* 3 vol. fol., Lugduni, 1674. — Réimpr., 4 vol. fol., Lugduni, 1690 (au tome I, p. 261).

Enfin il existe trois éditions spéciales des Sphériques, d'une époque plus récente :

431. Theodosii Sphaericorum libri III; 8°, Oxonii, 1707.

Texte grec collationné par *J. Hunt;* une version latine l'accompagne.

432. Theodosii tripolitae Sphaericorum libri III; 8°, Upsaliae, 1730.

C'est un des rares classiques scientifiques imprimés en Suède. Cette édition est due à *A. Celsius.*

433. Theodosii tripolitae Sphaericorum libros tres *E. Nizze* recognovit, latine redditos emendavit, commentariis instruxit, appendicibus et indice auxit; 8°, Berolini, 1852.

Il y a une traduction française des Sphériques, savoir :

434. Les élémens sphériques de Théodose tripolitain traduits en françois par *D. Henrion;* 8°, Paris, 1615.

Et aussi une traduction allemande :

435. Theodosius von Tripolis drei Bücher Kugelschnitte aus dem Griechischen mit Erläuterungen und Zusätzen von *E. Nizze;* 8°, Stralsund, 1826.

Quant aux deux autres traités de *Théodose,* les Habitations et les Jours et les Nuits, on en a déjà mentionné (nos 383 et 384) les versions latines d'*Auria,* ainsi que (no 385) la traduction française de *Fourcadel.*

Geminus.

Astronome grec du — Ier siècle, qui nous a laissé un traité sérieux d'Astronomie. Cet ouvrage a été publié, avec version latine, par *E. Hilderic[us]* :

436. Geminus. Isagoge in phaenomena vel elementa Astronomiae graece et latine edita; 8°, Altorfii, 1590. — Réimpr., 8°, Lugduni Batavorum, 1603.

On trouve le texte de *Geminus* avec la version d'Hilderic dans :

Petavius, Doc, II, 1630,

et avec une traduction française à la suite du Canon des Rois de *Ptolémée* et *Théon* édité par *N. Halma,* 4°, Paris, 1819 (voir plus loin, no 468).

Hyginus, C. J.

Auteur du — Ier siècle, qui a laissé une astrognosie en vers grecs plus développée que celle d'Aratus.

La première édition de ce poëme, devenue aujourd'hui extrêmement rare, porte pour titre :

437. Hygini Poeticon astronomicon libri; 4°, Ferrariae, 1475.

L'espace destiné aux figures est resté en blanc.

On trouve ensuite :

438. Clarissimi viri Iginii Poeticon astronomicon, opus utilissimum (édité par *E. Ratdolt*); 4°, Venetiae, 1482 — Réimprimé quatre fois jusqu'en 1498.

Ici les figures sur bois sont remarquables et bien gravées.

Autre édition :

439. Clarissimi Hyginii astronomi De mundi et sphaerae ac utriusque partium declaratione, cum planetis et variis signis historiatis; 4°, Venetiis, 1512. — Réimpr. 4°, Venetiis, 1517.

Il y a encore différentes éditions séparées :

440. Hyginus. De stellis seu poeticon astronomicon; 4°, Papiae, 1513.

441. Hygini Poeticon astronomicon; 4°, Parisiis, 1514.

442. C. J. Hygini Poeticon astronomicon (par les soins de *J. Soter*); fol., Coloniae, 1534.

443. Hygini Poeticon astronomicon; 4°, Saligniaci, 1539.

Le texte du poëme astronomique d'*Hyginus* figure, avec version latine, dans le recueil :

Hyginus, Fab, 1535.

Il y a une édition toute latine dans :

Morelius, Ara, 1559.

Le texte grec et l'interprétation latine du Poeticon astronomicon se trouvent également dans la collection :

Sanctandreas, AvS, 1589.

On a encore :

444. Hygini quae hodie extant, adcurante *J. Scheffero* qui simul adjecit notas; 8°, Hamburgi & Amstelodami, 1674.

C'est une très-bonne édition, qui contient le Poeticon et les Fabulae. Plus tard on a retrouvé un fragment des Astronomiques qui manquait à toutes les éditions antérieures; il a été publié : Leipzig, AcE, 1769, 284.

Les deux ouvrages d'*Hyginus* ont été reproduits en outre dans les :

445. Mythographi latini, omnes *T. Munckerus* emendavit; 8°, Amstelodami, 1681. — Réimpr. (par les soins de *A. Van Staveren*); 4°, Lugduni Batavorum & Amstelodami, 1742.

Enfin il y a une édition récente, que l'on doit recommander d'une manière particulière :

446. Hygini Astronomica ex codicibus a se primum collatis recensuit *B. Bunte;* 8°, Lipsiae, 1875.

Une version allemande des Astronomiques d'*Hyginus* porte pour titre :

447. Hyginius. Von den XII Zaichen und XXXVI Pildern des Himmels mit yedes Stern; 4°, Augsspurg, 1491.

Cette traduction a été réimprimée à la suite de :

448. Kalendarius teütsch Maister *J. Küngspergers;* 4°, Augspurg, 1512.

Theon smyrnius [l'Ancien].

Auteur du II[e] siècle, a composé un traité des quatre sciences mathématiques : l'arithmétique, la musique, l'astronomie et la géométrie. Les deux premières parties avaient été publiées en 1644 par Boulliau. L'Astronomie n'a été imprimée que récemment :

449. Theonis smyrnaei platonici liber de astronomia, cum *Sereni* fragmento; textum primus edidit, latine vertit, descriptionibus geometricis, dissertatione et notis illustravit *T. H. Martin;* 8°, Parisiis, 1849.

Ptolemaeus, C. [Ptolémée].

Ptolémée a écrit à Alexandrie dans la première moitié du II[e] siècle. Son catalogue d'étoiles a été préparé en l'an 138, mais en réalité il donne les positions des étoiles pour l'an 63 (*J. J. de Lalande* dans Paris, H&M, 1766, 467. Comparez *C. L. Ideler,* Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen, 8°, Berlin, 1809; p. xxxiv; et *F. Baily* dans London, MAS, XIII, 1843, 12 & 15), parce que *Ptolémée* n'a fait que transporter, avec une valeur inexacte de la précession, les longitudes d'Hipparque.

On a contesté que *Ptolémée* ait fait aucune observation par lui-même. Voyez :

Bullialdus, Aph, 1645, 152;
J. Cassini, Elm, 1740, 196, 467;
Le Monnier, Ins, 1746, xxviij;
Lalande, dans Paris, H&M, 1757, 420.

A.] *L'Almageste.*

L'ouvrage capital de Ptolémée est sa Composition mathématique ou Syntaxe, souvent désignée sous le nom d'Almageste, c'est-à-dire grand œuvre. Le système astronomique des Grecs y est exposé en treize livres. Lib. I, principes de l'Astronomie sphérique; lib. II, développements des problèmes relatifs à la sphère suivant la hau-

teur du pôle; lib. III, mouvements du Soleil; lib. IV, traits principaux de la théorie de la Lune; lib. V, suite de la théorie de la Lune; distances de cet astre et du Soleil; lib. VI, tables de la Lune et tables des éclipses; lib. VII, les étoiles fixes, avec un catalogue d'étoiles boréales; lib. VIII, catalogue d'étoiles australes, voie lactée, levers et couchers héliaques; lib. IX, ordre des sphères planétaires, mouvements de Mercure; lib. X, mouvements de Vénus et de Mars; lib. XI, mouvements de Jupiter et de Saturne, tables des planètes; lib. XII, rétrogradations des planètes supérieures, digressions des planètes inférieures; lib, XIII, latitudes des planètes.

L'Europe a d'abord connu l'Almageste par une version latine faite sur une traduction arabe ([1]). Dans cette version il reste un grand nombre de termes arabes que le traducteur, qu'on croit être Gérard de Crémone, n'avait pas su rendre en latin, et qu'il s'est contenté de transcrire. Cette première édition est extrêmement rare; on en trouve une description typographique détaillée par *B. Boncompagni,* dans **Rome, Att, IV, 1851, 20**; en voici le titre :

450. Almagestum Cl. Ptolemaei pheludiensis alexandrini astronomorum principis, opus ingens et nobile omnes cœlorum motus continens, felicibus astris eat in lucem; fol., Venetiis, 1515.

La version latine suivante, par *George de Trébisonde,* fut faite sur un manuscrit grec :

451. Ptolemaei Almagestum [seu magnae Compositionis mathematicae opus plane divinum] ex versione latina *Georgii Trapezuntii;* fol., Venetiis, 1525. — Réimpr., fol., Venetiis, 1527; fol., Venetiis, 1528; fol., Basileae, 1541.

La première édition grecque de *Ptolémée* est celle de 1538, où le texte de cet astronome est accompagné de celui des commentaires de *Théon* et d'une partie de celui de *Pappus* sur le V[e] livre :

452. C. Ptolemaei Magnae constructionis id est perfectae coelestium motuum pertractationis libri XIII; fol., Basileae, 1538. (Voir plus loin n° 478.)

Il y a en outre une édition grecque française :

453. Composition mathématique de C. Ptolémée, traduite pour la première fois du grec en français, sur les manuscrits originaux de la Bibliothèque impériale de Paris, par *N. Halma,* et suivie des notes de *J. B. J. Delambre;* 2 vol. 4°, Paris, 1813-1816.

([1]) La Bibliothèque nationale de Paris possède, parmi ses manuscrits, cinq traductions arabes de l'Almageste de Ptolémée; il y en a aussi une à l'Escurial et une à Leyde.

De plus, certaines parties de l'Almageste ont paru séparément. *E. Reinhold* a donné le premier livre avec une version latine et des notes :

454. Ptolemaei Magnae constructionis liber primus, graece et latine editus, additae explicationes aliquot locorum ab *E. Reinholt;* 8°, Wittebergae, 1749. — Réimpr., 8°, Lutetiae, 1556 (titre aussi de 1558, 1560 et 1564).

Il existe une édition très-rare du livre second, en version latine :

455. Ptolemaei Mathematicae constructionis liber secundus latina interpretatione donatus a *S. Gaeoli;* 8°, Parisiis, 1556.

Les deux premiers livres ont été donnés ensemble par *Porta :*

456. C. Ptolemaei Magnae compositionis liber primus et liber secundus cum *Theonis* alexandrini commentariis ex latina interpretatione *J. B. Portae;* 4°, Neapoli, 1605.

Le catalogue de 1022 étoiles de *Ptolémée* a été aussi reproduit séparément, savoir :

457. C. Ptolemaei Phaenomena stellarum MXXII fixarum ad hanc aetatem reducta, interprete *G. Trapezuntio;* fol., Coloniae Agrippinae, 1537.

Cette publication était accompagnée de deux planisphères, dans lesquels Albert[us] *Durer*[*ius*] avait restitué les figures allégoriques de la sphère ancienne, d'après les descriptions écrites de *Ptolémée.* Ces planisphères manquent dans la plupart des exemplaires connus de cette édition aujourd'hui très-rare.

Le catalogue de *Ptolémée* a encore été repris, dans les deux publications ci-dessous :

458. L'état des étoiles fixes au second siècle par Ptolémée, comparé à la position des mêmes étoiles en 1786, avec le texte grec et la traduction française par *Montignot;* 4°, Strasbourg, 1787.

459. C. Ptolemäus, Beobachtung und Beschreibung der Gestirne, mit Erläuterungen von *J. E. Bode;* 8°, Berlin & Stettin, 1795.

Le catalogue d'étoiles de *Ptolémée* a été reproduit successivement dans l'Historia coelestis de *Flamsteed,* vol. III, 1725, part. II, p. 1 ; Histoire de l'Astronomie ancienne de *Delambre,* vol. II, 1817, p. 265; et London, MAS, XIII, 1843, 1.

Voyez en outre les œuvres de *Ptolémée* (§ 67, n°s 828 et 829).

B.] *Le Quadripartitum.*

Le second ouvrage de *Ptolémée* qui a trait à l'Astronomie est connu sous les noms divers de Quadripartitum, De siderum effectionibus, De judiciis, Tetrabile. Il se compose de quatre livres qui traitent : I, des effets des planètes d'après leurs situations, II, des météores; l'auteur nomme ici les comètes dont il n'y a pas un mot dans l'Almageste; III, de l'horoscope, et de la nécessité de le connaître exactement pour prédire les destinées de l'enfant; IV est sans intérêt pour l'astronome. Il s'agit d'ailleurs, dans tout l'ouvrage, principalement d'astrologie.

A cet ouvrage est joint, dans plusieurs éditions, le Centiloquium ou Centum dicta ou Centum sententiae ou encore Fructus librorum suorum, du même auteur, qui est un traité purement astrologique. Le De inerrantium stellarum significatione n'est aussi que de l'astrologie.

Le Quadripartitum a été publié en premier lieu en latin, d'après une version arabe. Il figure dans deux éditions différentes, toutes les deux de 1484 :

460. Liber quadripartiti Ptholemei, id est quatuor tractatum in radicante discretione per stellas de futuris in hoc mundo contingentibus, ejusdem Centiloquium cum commento Hali, per *E. Ratdolt;* 4°, Venetiis, 1484. — Réimpr., fol., Venetiis, 1519.

461. Liber quadripartibus Ptholemaei, ejusdem Centiloquium cum commento Hali Haben Radan, per *B. Locatellum;* fol., Venetiis, 1484. — Réimpr., fol., Venetiis, 1493.

Le texte grec a été publié sous le titre :

462. Hoc in libro nunquam ante typis aeneis in lucem edita haec insunt : Ptolemaei De judiciis astrologorum libri IV compositi Syro fratri (avec version latine des deux premiers livres par *J. Camerarius*); 4°, Norimbergae, 1535. — Version réimpr. avec l'addition des deux derniers livres par *A. Gogava;* 4°, Lovanii, 1548; puis 12°, Patavii, 1658.

Il y eut une nouvelle traduction, jointe au texte grec, par *Melanchton :*

463. Ptolemaeus, De praedictionibus astronomicis cui titulum fecerunt Quadripartitum graece et latine libri IV, *P. Melanchtone* interprete; 8°, Basileae; 1553. — Réimpr., 12°, Pragae, 1610.

Et une autre encore :

464. C. Ptolemaei Quadripartitum enarrator ignotus; fol., Basileae, 1559.

Enfin il existe une traduction anglaise du Quadripartitum :

465. Ptolemy's Tetrabiblos or quadripartite, being four books on the influence of the stars translated with notes by *J. M. Ashmand*; 4°, London, 1822.

On trouvera en outre dans :

Firmicus, Ast, 1533,

le Quadripartitum en latin, joint aux Significations et au Centiloquium.

C.] *Autres ouvrages astronomiques.*

Les Apparences des étoiles sont un calendrier, avec les époques des levers et des couchers des constellations, ainsi que les phénomènes correspondants du cycle météorologique.

Cet ouvrage a paru d'abord en version latine :

466. C. Ptolemaei inerrantium stellarum significationes, per *N. Leonicum* a graeco translatae; 8°, Venetiis, 1516. — Réimpr., 12°, Vitebergae, 1534.

Autre édition :

467. Ptolemaei Apparentiae inerrantium stellarum ac significationum collectio a *F. Bonaventura* cum scholiis; 4°, Urbini, 1592.

Le texte grec a été publié pour la première fois dans :

Fabricius, BGr, III, 1708, 421,

avec version latine en regard. Ce texte est accompagné d'une traduction française dans :

468. Klaudiou Ptolemaiou, Theônos k. t. l. kanôn basileiôn, kai phaseis aplanôn (avec traduction par *N. Halma*); 4°, Paris, 1819.

Le De apparentiis stellarum est reproduit dans l'édition déjà citée tout à l'heure de *Firmicus* de 1533, dans :

Petavius, Doc, II, 1630,

et dans les OEuvres de *Ptolémée* (§ 67, n°s 828 et 829).

Les Hypothèses ont été d'abord publiées à Londres, par *Bainbridge* avec la Sphère de *Proclus* :

Bainbridge, Pro, 1620.

Il y en a une édition spéciale :

469. Klaudiou Ptolemaiou Hypotheseis kai planômenôn archai (avec traduction française), par *N. Halma*; 4°, Paris, 1820. — Plus loin n° 491.

Ptolémée est encore l'auteur des Tables manuelles astronomiques qui ont paru, avec le commentaire de *Théon* et sa traduction française par *Halma*, dans la part. II du tome III (voir plus loin n° 480), sous le titre particulier :

470. Tables manuelles des mouvements des astres de Ptolémée et de *Théon*, traduites pour la première fois du grec en français sur les manuscrits de la Bibliothèque du roi, par *N. Halma*; 4°, Paris, 1825.

Nous citerons encore, indépendamment de la Géographie et des Harmoniques ou traité de la musique, le traité de l'Analemme et celui du Planisphère, qui ont trait à la trigonométrie sphérique et à la projection de la sphère, ainsi que le Canon des règnes, fort important pour la Chronologie. Voyez au reste l'édition de Bâle des OEuvres, 1551 (§ 67, n° 829).

Cleomedes.

[IIe siècle.] L'ouvrage qui nous reste de lui est une Astronomie sphérique en grec. Il a d'abord vu le jour dans une version latine, due à *C. Valgulius* :

471. Cleomedis de contemplatione orbium excelsorum disputatio; *Aristidis* et *Dionis* de concordia orationes; *Plutarchi*, Praecepta connubialia, ejusdemque de virtutibus morum; fol., Brixiae, 1497.

Extrêmement rare.

Cette version fut suivie presque immédiatement de celle de *Valla* :

Nicephorus, Ast, 1498.

Le texte grec n'a été publié qu'un tiers de siècle plus tard. Il a été donné sans version latine sous le titre :

472. Cleomedis cyclica theoria meteorum; 8°, Basileae, 1535.

On le trouve encore dans :

473. Cleomedes, Kyklikè thèoria eis biblia B, nunc primum typis excusa; 4°, Parisiis, 1539.

Cette édition contient le grec seulement; elle a été préparée par *C. Neoba*[*rius*]. Le grec-latin de :

Proclus, Sph, 1547,

a été souvent réimprimée en même temps que ce recueil.

L'édition que nous recommandons, parce qu'elle contient un bon texte grec, publié pour la première fois en 1605, et une version latine bien faite, a pour titre :

474. Cleomedes, Circularis doctrinae de sublimis libri duo, graece; recensuit, interpretatione latina instruxit, commentarium *R. Balforei* suasque animadversiones addidit *J. Blake*; 8°, Lugduni Batavorum, 1820.

Il existe en allemand :

475. Cleomedes von den mathematischen Kreisen am Himmel und den durch sie bestimmten Zonen, Bruchstück einer Uebersetzung seines astronomisch-geographischen Werkes mit einigen Anmerkungen von *C. C. G. Schmidt;* 4°, Schleusingen, 1817.

SEXTUS EMPIRICUS.

Florissait au commencement du IIIe siècle. Dans le livre V de son traité « Adversus mathematicos » il combat les astrologues, et traite de la division du zodiaque, de l'horoscope, du nonagésime.

Ce traité a été publié plusieurs fois. Il se compose de onze livres, mais dans la version d'*Hervet,* qui a été imprimée à part, ou n'en compte que dix, parce que le VIIe et le VIIIe sont réunis.

476. Sexti empirici adversus mathematicos libri X, latine interprete *G. Herveto;* fol., Parisiis (aussi Antverpiae), 1569. — Réimpr., fol., Parisiis, 1601; fol., Parisiis, 1621.

Les deux premières impressions ne contiennent que la version latine. Dans la troisième se trouve pour la première fois le texte grec à côté du latin. La réimpression de 1621 porte aussi, sur certains exemplaires Coloniae Allobrogum, Genevae ou Aurelianae. Voyez en outre les œuvres (§ 67, n°s 851 et 852).

ACHILLES TATIUS [STATIUS].

A écrit à Alexandrie, vers le commencement du IV[e] siècle, une Introduction aux Phénomènes d'Aratus. Cet ouvrage a d'abord été publié en grec dans le recueil :

477. **Hipparchou** bithynou tôn Aratou kai Eudoxou phainomenôn exêgêseôn biblia g; tou autou asterismoi; Achilleôs Tatiou prolegomena eis ta Aratou phainomena; Aratou bios kai scholia palaiôn tinôn eis to autou poiêma; fol., Florentiae, 1567 (voir plus haut n° 448 où le titre a été donné en latin).

Impression des Juntes; édition soignée par *P. Victorius*.

Une seconde édition, avec version latine, a été donnée par *Petau*, sous le titre Isagoge in Phaenomena Arati :

Petavius, Doc, II, 1630.

PAPPUS.

Géomètre célèbre d'Alexandrie, qui écrivait dans la seconde moitié du IV[e] siècle. En Astronomie, il avait fait un commentaire sur le v[e] livre de la Syntaxe ou Almageste de Ptolémée, traitant des mouvements et de la distance de la Lune. On n'a publié jusqu'ici qu'un fragment de ce commentaire (texte grec), par lequel on avait voulu suppléer à une lacune dans le commentaire de *Théon* d'Alexandrie (voir plus loin n° 478). Mais il existe, à la Bibliothèque de Laurent de Médicis à Florence, un manuscrit de cet ouvrage tout entier. C'est un des rares travaux astronomiques de quelque importance, appartenant à l'antiquité grecque, qui n'ont pas encore vu le jour.

THEON ALEXANDRINUS.

Florissait dans la seconde moitié du IV[e] siècle.

Son principal ouvrage est un Commentaire sur l'Almageste de Ptolémée; mais il n'a pas été conservé tout entier. De treize livres dont il se composait, il manque le lib. III que *N. Cabasilas* a essayé de restituer, la fin du X[e], tout le XI[e] et le commencement du XII[e].

Le texte de tout ce qu'on en connaissait au XVI[e] siècle a été publié pour la première fois à la suite de l'édition de la Syntaxe de Ptolémée de 1538 :

478. *K. Ptolemaiou* Megalês syntaxeôs biblia ig, *Theônos* alexandreôs eis ta auta hypomnêmatôn biblia ia; fol., Basileae, 1538.

Le titre de ce volume a été donné en latin, n° 452.

Le commencement du v[e] livre, de *Théon*, qui n'avait pas encore été découvert dans le manuscrit de S[t]-Marc de Venise, est remplacé, dans cette édition, par une partie du commentaire de *Pappus* sur le même livre.

Porta a donné une version latine du premier livre de la Syntaxe et du commentaire de *Théon* qui s'y rapporte :

479. Ptolemaei Magnae constructionis liber primus, cum *Theonis* commentariis, interprete *J. B. Porta;* 4°, Neapoli, 1605.

Les trois premiers livres ont été traduits en français, en regard du texte grec, par *Halma :*

480. Commentaire de *Theon* d'Alexandrie sur le premier [second, troisième] livre de la Composition mathématique de Ptolémée, traduit pour la première fois du grec en français sur les manuscrits de la Bibliothèque du roi, par *N. Halma;* 3 vol. 4°, Paris, 1821-1822.

Le 3e vol. est en deux parties. La seconde comprend les tables des mouvements célestes, dont le titre particulier a été indiqué n° 470.

Enfin il y a un dernier ouvrage astronomique de *Théon :* c'est un faible commentaire sur Aratus. Il se trouve, texte grec, dans les recueils :

Aldus, Ast, 1499;
Valderus, Sph, 1536;
Morelius, Ara, 1559.

PROCLUS.

Cet auteur a écrit en grec au Ve siècle. Il nous a laissé trois ouvrages d'Astronomie, un traité de la sphère, net et détaillé, mais pris parfois textuellement de *Geminus,* un livre des Hypothèses astronomiques, qui forme un compendium d'Astronomie pratique avec la description des instruments, et une paraphrase des Effets des astres de Ptolémée.

La première publication qu'on ait faite d'un ouvrage astronomique de *Proclus* est un extrait, en version latine, de ses Hypothèses, imprimé sous le titre de :

481. Procli De astrolobio latine, 4°, Venetiis, 1491.

Il y en a un exemplaire à la Bibliothèque bodléïenne d'Oxford; c'est le seul connu.

Une autre version latine, de *G. Valla,* parut peu de temps après dans le :

Nicephorus, Ast, 1498.

Le traité de la Sphère en grec a paru d'abord, accompagné d'une version latine de *T. Linacer,* dans le recueil de 1499 qui commence par les Astronomiques de *Firmicus,* et que nous avons désigné par :

Aldus, Ast, 1499.

Une réimpression à part de cette traduction de *Proclus* a été faite la même année à Ulm, puis encore quatre autres fois jusqu'en 1579.

Le texte grec est accompagné de versions latines dans :

Valderus, Sph, 1531.

Puis la « Sphaera » a paru un grand nombre de fois, en grec accompagné du latin, depuis l'édition de Strasbourg de 1539 jusqu'à celle d'Helmstadt en 1661. L'une des meilleures leçons a été donnée par *J. Brainbridge*, à la suite des Hypothèses et du Canon de *Ptolémée :*

Bainbridge, Pro, 1620.

L'édition de *Tusan* est toute grecque, à l'exception des notes qui sont en latin :

482. Procli Sphaera cum annotatiunculis ex publicis praelectionibus *J. Tusani* excerptis; 4°, Parisiis, 1557. — Réimpr., 4°, Parisiis, 1559 et 1562.

La même année *Vinet* en avait donné une traduction en latin dans l'ouvrage :

483. *M. Pselli* perspicuus liber de quatuor mathematicis scientiis, arithmetica, musica, geometria et astronomia, latine per *E. Vinetum;* 8°, Parisiis, 1557.

Les trois premières parties sont effectivement de Psellus; mais arrivé à la quatrième, l'Astronomie, le traducteur, qui l'a jugée incomplète, l'a remplacée par la Sphère de *Proclus.*

Proclus, grec et latin, se trouve en outre dans différents recueils, après celui de 1499 déjà cité. Ce sont :

Dionysius, Orb, 1523;
Hyginus, Fab, 1535;
Proclus, Sph, 1547;
Sanctandreas, AvS, 1589.

Voici maintenant les traductions en langues modernes :

484. La sphère de Procle traduite du grec en français par *E. Vinet;* 8°, Poitiers, 1544.

485. La sfera di Proclo nuovamente tradotta dal greco essemplare in idioma italiano da *T. G. Scandranese;* 4°, Venegia, 1556.

486. Procli diadochi sphaera (version latine avec traduction italienne de *P. Catena*); 8°, Patavii, 1565.

487. La sfera di Proclo licco, tradotta da *E. Danti;* 4°, Fiorenza, 1571. — Réimpr., 4°, Fiorenza, 1573.

488. Proclou sphaira jam primum in linguam vernaculam translata a *J. Gutenäcker;* 4°, Wirceburgi, 1830 (grec-allemand).

Les Hypothèses de *Proclus* n'ont d'abord été connues que par une version latine de *G. Valla :*

489. Procli diadochi Positiones astronomicae; fol., Venetiis, 1498.

Cette version laisse beaucoup à désirer.

Les Hypothèses en grec ont été imprimées à la suite de l'édition des OEuvres de *Ptolémée* de 1540, dont voici le titre entier :

490. C. Ptolemaei Opera omnia praeter Geographiam latine versa, *Procli D.* Hypotyposes Astronomiae, curante *H. Gemusaeo;* fol., Basileae, 1540.

Le texte est accompagné d'une traduction française dans :

491. *K. Ptolemaiou* hypotheseis kai planômenôn archai kai Proklou diadochou hypotypôseis; 4°, Paris, 1820 (traduction par *N. Halma*). — Plus haut, n° 469.

Vient enfin le troisième ouvrage astronomique de *Proclus :*

492. Procli diadochi paraphrasis in quatuor Ptolaemei libros de siderum effectionibus; 8°, Basileae, 1554.

Le texte grec sans version ; préface de *P. Melanchton.*

Il y a d'autres éditions, qui contiennent avec le texte une version latine, savoir :

493. In C. Ptolemaei Quadripartium enarrator ignoti nominis quem tamen Proclum fuisse quidam existimant; fol., Basileae, 1559.

494. Procli diadochi Paraphrasis in Ptolemaei libros IV de siderum effectionibus a *L. Allatio* e graeco in latinum versa; 8°, Lugduni Batavorum, 1635 (Elzevir).

Il est bon de prévenir que l'ouvrage :

495. Procli philosophi platonici Opera e codicibus manuscriptis bibliothecae regiae parisiensis nunc primum edidit... *V. Cousin;* 6 vol. 8°, Paris, 1820-1827,

ne renferme pas les traités astronomiques de *Proclus.*

Hypsicles.

Mathématicien grec que *A. de Morgan* rapporte au VI[e] siècle, mais qu'on avait cru d'abord plus ancien. Il a donné un traité dans lequel il calcule la durée du lever ou du coucher des divers arcs de l'écliptique.

Ce traité a été publié dans le même volume que l'Optique d'Héliodore :

496. Diamani philosophi *Heliodori* larissaei De opticis libri II nunc primum editi ab *E. Bartholino;* Hypsiclis Anaphoricus sive de ascensionibus liber vulgatus per *J. Mentelium;* 4°, Parisiis, 1657. — 2[e] éd. (à laquelle on a joint le De altitudine Caucasi de *Claramontius*), 4°, Parisiis, 1680.

Les deux éditions sont grecques-latines. Les Anaphoriques d'Hypsicles ont été traduites en arabe par *Costha ben Luca.*

Psellus, M.

Vivait au XI[e] siècle. C'est à peu près le dernier auteur qui ait traité de l'Astronomie en langue grecque. Le texte de son traité a d'abord paru seul :

497. M. Psellus, De quatuor mathematicis scientiis, arithmetica, musica, geometria et astronomia, compendium; 8°, Venetiis, 1532. — Réimpr., 12°, Parisiis, 1545.

C'est *Xylander* [*Holtzman*] qui en donna la version latine, jointe à une nouvelle édition du texte :

498. Doctissimi Pselli perspicuus liber de quatuor mathematicis scientiis, arithmetica, musica, geometria et astronomia, *G. Xylandro* interprete; 8°, Basileae, 1556.

On s'attendrait à trouver également une version latine dans une autre édition du même ouvrage « latine per *E. Vinetum,* » 8°, Parisiis, 1557 (voir plus haut n° 483); mais le traité d'Astronomie de *Psellus* y est supprimé : Vinet l'a remplacé par la Sphère de *Proclus.*

L'Astronomie fait partie du volume :

499. M. Pselli Compendium mathematicum, aliique tractatus eodem pertinens; 8°, Lugduni Batavorum, 1647.

Parmi les manuscrits grecs d'une certaine importance, examinés, mais jamais imprimés, nous citerons, pour mémoire, l'Optique de *Ptolémée,* qui se rapporte plutôt à la physique qu'à l'Astronomie. Mais il faut mentionner le MS nº cxiv de la Bibliothèque nationale de Paris, auquel *Boulliau* a emprunté sept observations, qui se placent de 475 à 510. (Bullialdus, Aph, 1645, 172, 246, 326, 327, 347). Le nom de l'auteur est *Theîos,* en latin *Thius.*

§ 56. AUTEURS LATINS.

Indépendamment des ouvrages qui traitent plus particulièrement de l'Astronomie, il y a souvent, dans les poëtes latins, des allusions aux phénomènes célestes. Celles d'*Ovide* ont été relevées dans :

500. Ideler, C. L. Ueber den astronomischen Theil der Fasti des Ovid. Berlin, Abh, 1822-23, Phil, 137.

Voici les principaux renseignements bibliographiques concernant les ouvrages latins, qui traitent plus ou moins directement de l'Astronomie :

Manilius, M. ou C.

A composé en latin, dans la première moitié du Ier siècle, un poëme astronomique en cinq livres, qui a été imprimé un grand nombre de fois.

La première édition de ce poëme a été faite à Nuremberg, par Regiomontanus [Müller], dans sa propre imprimerie. Elle est composée de 72 feuillets en caractères romains. En voici le titre :

501. Manilii Astronomicon libri V, ex officina Ioannis de Regiomonte; 4°, Norimbergae, [1473].

Cet ouvrage est excessivement rare.

Le nombre des éditions de *Manilius* est fort considérable. Les plus importantes sont :

502. *L. Bonincontrii* miniatensis in C. Manilium comentum (avec le texte de l'auteur d'après un manuscrit du Mont-Cassin); fol., Bononiae, 1474. — Réimpr., fol., Romae, 1784.

Ces deux éditions, surtout la première, sont rares.

503. Manilii Astronomicon libri V; 8e, Lutetiae, 1579 (par *J. Scaliger* d'après un manuscrit fort ancien de l'abbaye de Gembloux et avec des notes savantes, réimprimée quatre fois); 4°, Parisiis, 1679 (édition dite « ad usum Delphini », où des notes de *P. D. Huet* sont ajoutées à celles de

Scaliger); 4°, Londini, 1739 (texte revu par *R. Bentley*, plusieurs fois reproduite); 8°, Berolini, 1846 (texte corrigé par *F. Jacob*, mais sans commentaires).

On trouvera aussi les Astronomiques de *Manilius* dans les deux recueils :

Aldus, Ast, 1499,

Firmicus, Ast, 1533.

Le poëme de Manilius est joint en outre au Virgile de Deux-Ponts :

504. *Virgilii* Opera, accedunt Manilii Astronomica; 2 vol. 8°, Biponti, 1783.

Il y a une traduction française, à côté du texte, dans :

505. Manilii Astronomicon, accessere *Ciceronis* Arataea, cum interpretatione gallica et notis, edente *A. G. Pingré;* 2 vol. 8°, Parisiis, 1786.

Et une autre, également accompagnée du texte, dans le volume de la collection :

Nisard, CAL, 1842,

contenant Stace, Martial et *Manilius,* lequel commence à la p. 633.

On cite une traduction allemande, également avec le texte latin :

506. Des Manilius Himmelskugel, lateinisch und deutsch von *J. Merkel;* 8°, Aschaffenburg, 1844. — 2e éd., 8°, Aschaffenburg, 1857.

Enfin il existe deux traductions anglaises :

507. The sphere of Manilius made an English poem, by *E. Sherbourne;* fol , London, 1675.

508. Manilius five books done into english verse by *T. Creech;* 8°, London, 1700.

SENECA, L. A. [SENÈQUE].

Écrivit ses « Questions naturelles » vers le milieu du Ier siècle. Cet ouvrage est remarquable pour les aperçus qu'il renferme sur différents phénomènes cosmologiques et astronomiques. Nous citons les plus importants aux articles particuliers auxquels ils se rapportent. On trouvera § 67 l'indication des éditions générales de Senèque. Nous donnons ici ce qui concerne la publication séparée des Quaestiones naturales.

509. L. A. Seneca, De quaestionibus naturalibus, per *A. de Colonia;* 4°, Lipsiae, sans date [fin du XVe siècle].

En caractères gothiques; très-rare.

510. L. A. Senecae Naturalium quaestionum libri VII, *M. Fortunati* in eosdem libros annotationes; 4°, Venetiis, 1522.

Impression des Aldes; fort rare.

511. L. A. Senecae Naturalium quaestionum libri VII, recognovit, emendavit atque commentario perpetuo illustravit *G. D. Koeler;* 8°, Gotingae, 1818.

512. L. A. Senecae Dialogi IX ad Lucilium, Naturalium quaestionum libri VII, Ludus de morte Claudii, recensuit *C. R. Fickert;* 8°, Lipsiae, 1845.

Il faut aussi mentionner l'extrait relatif aux comètes, traduit en allemand :

513. L. A. Seneca, Von den Kometen, übersetzt und mit erlaüterte Anmerkungen, versehen von *F. C. Gelpke;* 12°, Grimma, 1835.

Voyez les éditions des OEuvres de *Senèque* au § 67 ci-après, n°s 832-850.

Plinius, C. [Pline].

Pline le naturaliste vivait au milieu du Ier siècle. Le second livre de son « Historia naturalis » donne une idée de l'Astronomie des Romains.

Ce second livre a été publié à part avec des commentaires, savoir :

514. C. Plinii liber secundus de mundi historia, cum commentariis *J. Milichii* diligenter conscriptis; 4°, Francofurti, 1553. — Réimpr., 4°, Francofurti, 1563; 4°, Lipsiae, 1573.

Il est traduit séparément en français :

515. Le second livre de Caius Plinius secundus sur l'histoire des œuvres de nature, traduict de langue latine en françoise par *L. Meigret;* 8°, Paris, 1552.

On trouvera d'ailleurs le lib. II dans toutes les éditions de l'Histoire naturelle de Pline. Parmi ces éditions, dont le nombre dépasse cent, nous indiquerons comme les meilleures ou les mieux annotées :

A.] *Contenant le texte seul.*

516. C. Plini secundi Naturalis historiae libri XXXVII; fol., Venetiis, 1469 (première édition, belle et fort rare). — Fol., Venetiis, 1472 (texte revu par *J. Andreas*). — Fol., Parisiis, 1522 (soignée par *Danesius*).

— 3 vol. 8°, Venetiis, 1535-1536 (soignée par S. *Gelenius*). — 3 vol. 8°, Lugduni Batavorum, 1669 (revue par *J. F. Gronovius*). — 5 vol. 4°, Parisiis, 1685 (ad usum Delphini, par *J. Harduin[us]*, d'autres éditions ont été faites sur celle-ci). — 10 vol. 8°, Lipsiae, 1778-1791 (par *Franzius*). — 6 vol. 12°, Parisiis, 1779 (par *G. Brotier*, reproduite plus tard). — 8 vol. 8°, Hamburgi & Gothae, 1851-1857 (par *J. Sillig*, réimpression revue et corrigée de son édition de 1831).

B.] *Texte avec une traduction.*

517. Histoire naturelle de Pline avec la traduction française par *E. Littré*; 2 vol. 8°, Paris, 1848-1858 (nouveau titre en 1855).

Cette édition fait partie de la Collection :

Nisard, CAL.

C.] *Traductions en diverses langues.*

518. Historia naturale di C. Plinio, tradotta di lingua latina in fiorentina; fol., Venetiis, 1476 (par *C. Landino*, réimprimée plusieurs fois). — 4°, Venetia, 1548 (par *A. Brucioli*). — 4°, Vinegia, 1561 (par *L. Domenichi*, des exemplaires portent 1562).

519. Historia natural de C. Plinio segundo, traduzida por *G. de Huerta*; 2 vol. fol., Madrid, 1624-1629.

520. Plinius' Naturgeschichte übersetzt von *J. D. Denso*; 2 vol. 4°, Rostock, 1764-1765.

521. Pliny's Natural history, with critical and explanatory notes; 3 vol. 8°, London, 1847-1850.

L'ouvrage est resté inachevé. Les notes sur le livre II sont de *John Herschel*.

522. Pliny's Natural history translated with copious notes and illustrations by Dr. *Bostock* and *H. T. Riley*; 6 vol. 8°, London, 1855-1857.

CENSORINUS.

A écrit, en + 238, le traité « De die natali, » très-utile pour la connaissance des calendriers et des ères anciennes. Il s'y occupe aussi des influences des astres.

Le livre de Censorinus a d'abord été imprimé dans un recueil qui renferme :

523. **Censorinus** De die natali, Tabula Cebetis e graeco conversa, Plutarchus De invidia et odio, Basilii Oratio de invidia traducta; fol., [Venetiis,

fin du XVe siècle]. Un recueil semblable a été bientôt après imprimé fol., Bononiae, 1497, et est plus connu.

Un grand nombre d'éditions du « De die natali » se sont succédé. Nous citerons :

524. Censorini de die natali liber; 8°, Venetiis, 1581, édition d'Alde Manuce.

525. Censorinus, De die natali, ex recensione *H. Lindenbrogii;* 4°, Lugduni Batavorum, 1642. — Revue et améliorée par *Havercamp,* 8°, Lugduni Batavorum, 1743.

526. Censorini liber, recensuit et emendavit *O. Jahn;* 8°, Berolini, 1845.

Nous ne connaissons de traduction que dans la langue française, dans :

Panckoucke, BSL,

avec le texte en regard. Voici la première partie du titre de ce volume, qui contient en même temps le Mémorial d'Ampelius et les Prodiges de Julius Obsequens :

527. Le livre de Censorinus sur le jour natal, traduit pour la première fois en français par *J. Mangeart;* 8°, Paris, 1843.

Firmicus, J. M.

Auteur d'un poëme astronomique ou plutôt astrologique du IVe siècle, qui a peu de valeur.

Cet ouvrage a d'abord été publié sous le titre :

528. *J. Firmici* Materni Matheseos institutionis libri VII; fol., Venetiis, 1497. — Réimpr., fol., Regii, 1503.

On le trouve ensuite dans les deux recueils :

Aldus, Ast, 1499.

Firmicus, Ast, 1533.

Macrobius, A. T. [Macrobe].

L'ouvrage de *Macrobe* dans lequel se trouvent des notions astronomiques est l'Expositio in somnium Scipionis Ciceronis qui a été imprimée aussi sous les titres de Interpretatio et Explanatio. Cet ouvrage a été écrit en latin, au commencement du Ve siècle. En voici les principales éditions :

529. Macrobii Expositio in somnium Scipionis Ciceronis, et Saturnalium libri VII; fol. Venetiis, 1472; fol., Brixiae, 1483; fol., Venetiis, 1513

(texte revu par *A. de Zannis*); 8°, Florentiae, 1515 (chez les Juntes); 8°, Venetiis, 1528 (par Alde Manuce); fol., Basileae, 1535.

On retrouve ensuite le Somnium dans les Opera de *Macrobe* (§ 67, n°s 817-820).

CAPELLA, MARTIANUS M. F.

Martianus Capella vivait à la fin du V[e] siècle. Son ouvrage, composé de vers et de prose, est une sorte d'encyclopédie de l'enseignement classique de son temps. Au lib. VIII, de Astronomia, est un chapitre intitulé: quod tellus non sit centrum omnibus planetis, dans lequel il fait circuler Mercure et Vénus autour du Soleil.

Son livre, dont les manuscrits ne sont pas rares, a été publié pour la première fois sous le titre :

530. Martiani Capellae Opus de nuptiis philologiae et Mercurii, cura *F. V. Bodiani;* fol., Vicentiae, 1499.

On cite souvent l'édition de *H. Grotius,* qui porte :

531. Martiani Capellae Satyricon in quo de nuptiis philologiae et Mercurii et de septem artibus liberalibus; 8°, Lugduni Batavorum, 1599. — Réimprimé en 1600 et en 1601.

Mais une des meilleures éditions à consulter, édition dont le texte a été collationné sur les meilleurs manuscrits, et dans laquelle les notes de tous les commentateurs sont réunies et discutées, est celle qu'a donnée *U. F. Kopp :*

532. Martiani Capellae De nuptiis philologiae et Mercurii et de septem artibus liberalibus libri novem; 4°, Francofurti ad Moenum, 1836.

On peut recommander également l'édition plus récente :

533. Martianus Capella, *F. Eyssenhardt* recensuit; accedunt scholia in Caesaris Germanici Aratea; 8°, Lipsiae, 1866.

Enfin, on trouve aussi l'ouvrage de Martianus *Capella* à la suite de l'édition de 1577, à Bâle, des Origines d'*Isidore* de Séville, mentionnée à l'article suivant (sous le n° 535).

ISIDORUS HISPALENSIS. [ISIDORE DE SÉVILLE].

Écrivit au commencement du VII[e] siècle. Les Étymologies ou Origines forment une sorte d'encyclopédie, qui contient, au lib. III, cap. 26 à 39, le système astronomique et une astrognosie. On trouve ce grand ouvrage au commencement des différentes

éditions des œuvres de ce savant (voir § 67, n° 810) et en outre à la fin du volume des Authores latinae linguae, dont voici le titre complet :

534. *Godefroy, D*$_1$. Authores latinae linguae in unum redacti corpus, adjectis notis; 4°, Saint-Gervais (Genève), 1585. — Réimpr., 1602 et 1622.

Voici l'indication des éditions séparées de cet ouvrage :

535. Isidori Hispalensis Ethimologiarum liber; fol. à 2 colonnes de 141 pages, sans lieu ni date. Cette édition a été attribuée à *J. Mentelin.* — Autres éd., fol., de 125 pages à 2 col., Coloniae, sans date, attribuée à *U. Zell;* fol., Augsburgi, 1472; fol., Parrhisii, 1499; fol., Basileae, 1577 (sous le titre de Originum libri xx).

On trouve aussi dans les œuvres d'*Isidore,* un traité intitulé De natura rerum, de responsione mundi et de astrorum ordinatione. Il contient des notions sur la division du temps et sur les saisons. Il a été traduit en français sous le titre :

536. Isidore de Séville. Le compost manuel calendrier, et almanach perpétuel; 4°, Rouen, 1595.

Beda.

Commencement du VIIIe siècle. Voici les ouvrages astronomiques de *Beda* [Bède], surnommé *Venerabilis,* et les matières dont ils traitent :

De divisionibus temporum — du calendrier.

De argumentis Lunae — du calendrier ecclésiastique.

De mundi coelestis terrestrisque constitutione — système du monde, Mercure et Vénus tournent autour du Soleil, éclipses, Mercure sur le Soleil (c'était une tache), cours des planètes.

De circulis sphaerae et polo — positions des apogées, levers des signes, constellations, tracé de la méridienne par des ombres égales.

De astrolabio.

De ratione computi — cycle paschal julien de 532 ans.

Voyez ces différents traités dans les OEuvres de *Bède,* où ils figurent au tome Ier de toutes les éditions.

Nous indiquerons de plus l'édition séparée du Calendrier :

537. Bedae venerabilis Opuscula de temporum ratione cum scholiis *J. Noviomagi;* fol., Coloniae, 1537.

§ 57. ASTRONOMIE DU MOYEN AGE.

Nous comprenons dans cette période le mouvement arabe tout entier, qui d'un côté se poursuit par le développement des sciences en Perse et dans le Turkestan, où il s'assoupit peu à peu, et qui de l'autre engendre les efforts de la renaissance en Europe, pour nous amener à Copernic et à la science moderne.

On peut diviser ce mouvement en quatre époques, savoir :

A.] *Arabes et Juifs de la Mésopotamie et de l'Égypte.*

Ici se placent Almamoun qui fit traduire l'Almageste (¹) et mesurer un arc du méridien, Alfragan, Alchindi, Messahala, Albategni (le plus grand des astronomes arabes), Aboul Wéfa qui paraît avoir connu la Variation de la Lune, Ebn Iounis qui pour mesurer les intervalles de temps comptait les oscillations d'un pendule, et Thebit-ben-Corah. A cette époque appartiennent les observatoires de Bagdad, de Damas, de Racca ou Aracte et du Caire. Les instruments étaient gigantesques. A Bagdad, il y avait un quadrant de 6 mètres de rayon, et un sextant de 17 mètres.

B.] *Arabes du Maroc et de l'Espagne.*

Cette branche occidentale brilla un peu plus tard. Elle compte Alhazen, célèbre par ses travaux sur l'optique; Arzachel, grand observateur; Averroes; Alpetragius, auteur d'une théorie du mouvement spiral des planètes; Geber, auquel la tour du minaret de Séville (appelée aujourd'hui la « Giralda ») servait d'observatoire; enfin Aboul Hhassan, habile dans la pratique des instruments.

C.] *Arabes de la Perse et du Turkestan.*

Nous les désignons sous le nom générique d'Arabes, bien que beaucoup de ces savants fussent d'origine persane ou turque, parce qu'ils appartenaient en fait au mouvement arabe, et que tous se servaient des termes scientifiques des Arabes. Parmi eux l'on doit mentionner : Al Sûfi, qui fit les premières cartes célestes; Algezzeli, penseur indépendant; Avicenne, qui répandit l'usage des chiffres indiens et de la numération de position; Chrysococca, Kazwini, Nassir-Eddin du fameux Observatoire de Meragâh, Shah-Cholgius, enfin Ulugbeg qui observait à Samarkande (²). Il y avait à

(¹) Il y a un exemplaire de cette traduction arabe à la Bibliothèque de Leyde, renseigné :

Ptolemei Almagestum translatum e graeco jussu imperatoris Mamonnis, cum figuris.

Cette traduction, indiquée par *d'Herbelot* (Bibliothèque orientale, fol., Paris, 1697, p. 101), serait selon lui de Isaac Ben Honain; d'après *Labbe* (Nova bibliotheca manuscriptorum librorum, 2 vol. fol., Parisiis; vol. I, 1657, suppl. 6) elle serait l'œuvre de plusieurs collaborateurs.

(²) Nous citerons seulement pour mémoire la traduction du poëme persan Rubaiyát, sur l'Astronomie :

Khayyâm, O. Rubaiyát; the astronomer poet of Persia rendered into english verse; 4°, London, 1872.

Meragâh un cercle mural et un instrument universel, et l'on se servait pour pointer d'un tube ou dioptre (sans verres).

D.] *Successeurs des Arabes en Europe.*

Ceux-ci commencent par Alfonso [Alphonsus Rex], qui se fit aider dans ses travaux par des astronomes arabes, Aben Musa et Mohammed de Séville, Joseph Aben Ali et J. Abuena de Cordoue, Aben Ragel et Alchabitius de Tolède. Au mouvement de la renaissance proprement européenne appartiennent John of Holywood [Johannes de Sacrobosco], Albert de Bollstädt appelé « le grand » [Albertus magnus], Pierre d'Ailly [Petrus Alliacus ou de Alliaco], Nicolas Krebs ou Chrypffs de Cues sur la Moselle [Nicolaus Cusanus], Purbach, Johann Müller de Königsberg [Regiomontanus autrement Johannes de Monteregio], Walther, Bienewitz [Apianus], et d'autres moins méritants et moins célèbres.

§ 58. ASTRONOMES ARABES, JUIFS ET PERSANS.

Indépendamment des données qu'on trouvera dans les histoires générales citées aux §§ 45 et 46, notamment dans l'Histoire de l'Astronomie du moyen âge de *Delambre* (§ 46, n° 280), on consultera pour la période arabe :

538. **Sédillot, L. A.** Histoire de l'Astronomie chez les Arabes; 8°, Paris, 1838.

539. **Sédillot, L. A.** Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et chez les Orientaux; 2 vol. 8°, Paris, 1845-1849.

Dans le vol. I on trouve, p. 23 et 243 des articles sur l'astronomie arabe, et p. 289 une notice des instruments astronomiques des Arabes.

540. **Guérin J. M. F.** De l'Astronomie des Arabes, des Persans, des Coptes, des Juifs, et du culte des astres.

Dans son Astronomie indienne, 8°, Paris, 1847, p. 170. (Voir § 50, n° 314.)

541. **Steinschneider, M.** Vite di matematici arabi, tratte da un'opera inedita di Bernardino Baldi, con note. **BdB, V, 1872, 427.**

L'ouvrage de Baldi, daté de 1553, traite de Messahalah, d'Alfragan, d'Alchindi, d'Albumasar, de Thebit, d'Albategni, d'Almansour, d'Alhazen, d'Ali-ben-Rodoan, de Punicus, d'Abenragel, d'Arzachel, de Geber et d'Alpetrage. *Steinschneider* en donne de grands extraits.

542. **Hankel, H.**, mis en italien par *Keller, P.* Storia delle mathematiche presso gli Arabi. **BdB, V, 1872, 343.**

Nous allons maintenant passer en revue les ouvrages des astronomes arabes, et plus particulièrement ceux qui ont été imprimés.

ALFERGANY, M. [ALFRAGANUS].

Astronome arabe du IX[e] siècle. On a de lui, en latin :

543. Compilatio Alfragani totum id continens quod ad rudimenta Astronomiae est opportunum; 4°, Ferrariae, 1493. — Réimprimé sous le titre de Rudimenta Astronomiae, avec le De motu stellarum d'*Albategnius;* 4°, Norimbergae, 1537; puis sous le titre : Compendium de rudimentis Astronomiae; 8°, Parisiis, 1546.

Version latine par *Johannes Hispalensis,* faite au XII[e] siècle.

544. Muhumedis Alfragani Chronologica et astronomica elementa; 8°, Francofurti, 1590. — Réimpr., 8°, Francofurti, 1618.

Traduction latine de *J. Christmann* sur une version hébraïque de la Bibliothèque palatine. C'est le même ouvrage que le précédent, avec un titre différent.

545. Alfragani Elementa astronomica; 4°, Amstelodami, 1669.

C'est une nouvelle traduction latine du même ouvrage, avec le texte arabe, et des notes étendues et importantes, de *J. Golius.*

MESSAHALAH [MACHA-ALLAH].

Astronome juif de la seconde moitié du IX[e] siècle. Ses principaux ouvrages imprimés sont :

546. Messahalah De scientia motus orbis ductu *J. Stabii;* 4°, Nurembergae, 1504.

547. De elementis et orbibus cœlestibus liber antiquus ac eruditus Messahalae (publié par *J. Heller*); 4°, Norimbergae, 1549.

Ce sont des traductions de l'arabe.

Parmi les manuscrits de *Messahalah* qui n'ont jamais été publiés, il faut citer :

De natura orbium — à la Bibliothèque de Bâle;
De judiciis astrorum et de eclipsibus — id.;
De compositione et usu astrolabii — id., ainsi que dans les Bibliothèques de Cambridge et de Vienne.

ALBATEGNI[US], M.

A composé, dans le dernier tiers du IXe siècle, un traité d'Astronomie, qui a paru en 1537, en version latine, avec les Rudiments d'Alfragan (nº 543). Voici *in extenso* le titre du volume :

548. Continentur in hoc libro : Rudimenta astronomica *Alfragani*, item Albategnius, astronomus peritissimus, De motu stellarum ex observationibus tum propriis tum Ptolemaei, cum oratione introductoria *J. Regiomontani*; 4°, Norimbergae, 1537. — Autre éd., sous le titre : De scientia stellarum liber, cum aliquot additionibus *J. Regiomontani*, 4°, Bononiae, 1645.

Cette traduction d'*Albategnius* a été faite par *Platon de Tivoli* (*Plato Tiburtinus*). La réimpression de 1645 est inférieure à l'édition princeps.

ABUL-WEFA.

A composé, en arabe, au milieu du Xe siècle, un « Almagestum sive systema astronomicum, » qui n'a jamais été publié. Il existe en manuscrit à la Bibliothèque nationale de Paris. *L. A. Sédillot* a cru y trouver la découverte de la Variation dans le mouvement de la Lune. On dira quelques mots de la discussion que cette revendication a soulevée, à l'article de la Variation, chap. XIII.

EBN IOUNIS.

Publié partiellement dans :

549. *Caussin*, Le livre de la grande table hakémite, MS appartenant à la Bibliothèque de l'Université de Leyde, traduction. Paris, N&E, VII, 1804, 17.

Il y a aussi des tirés à part. L'ouvrage d'*Ebn Iounis*, du commencement du XIe siècle, est analysé par *Caussin*, et comparé aux autres tables arabes. Le texte des passages importants est en regard de la traduction française. Le manuscrit est à la Bibliothèque de Leyde où il est renseigné :

550. Ibn Junii aegypti Tabulae astronomicae, geographicae et chronologicae, cum historia observationum et motuum coelestium supputandorum ratione, inscriptae Hakimo, regi aegyptio.

ALHAZEN.

Le *Alhassan* de *Casiri*, Bibliotheca arabico-hispanica escurialensis, 2 vol. fol., Matriti, 1760; vol. I, p. 414. Voyez sur ce savant :

551. Narducci, E. Nota intorno ad una traduzione italiana, fatta nel secolo decimoquarto, del trattato d'ottica d'Alhazen, matematico del secolo

undecimo, e ad altri lavori di questo scienziato. BdB, IV, 1871, 1, giunte 157.

On a publié en latin cet important traité d'optique, qui est du premier tiers du XI[e] siècle :

552. Optica Alhazeni, ejusdem de crepusculis et nubium ascensionibus; Optica *Vitellionis*, cum commentariis a *F. Risnero;* fol., Basileae, 1572.

C'est là que se trouvent les recherches d'*Alhazen* sur la réfraction et sur l'abaissement crépusculaire. Le traité des crépuscules est reproduit, sous le titre de De causis crepusculorum, dans les œuvres de *Nonius* [*Nunez*], § 67, n° 827.

Arzachel.

Ses Tabulae toledanae, sur lesquelles nous reviendrons, chap. VII, sont conservées en manuscrit à la Bibliothèque bodleïenne d'Oxford et à la Bibliothèque de Cambridge. Elles n'ont jamais été imprimées. Époque, dernier tiers du XI[e] siècle.

Averroes.

De cet homme célèbre, qui vivait au milieu du XII[e] siècle, il nous reste en manuscrit des « Excerpta ex Almagesto i. e. Astronomia Averrois, » qui fait partie de la collection Pocock, à Oxford. Un manuscrit latin de ce « Tractatus Astronomiae » complet, copie qui remonte au XIII[e] siècle, est à la Bibliothèque royale de Bruxelles.

Alpetragius.

Aussi du XII[e] siècle. Une version latine de l'ouvrage dans lequel il cherchait à remplacer par une spirale les excentriques ou les épicycles, a été imprimée sous le titre :

553. Theorica planetarum physicis commentariis probata Alpetragii arabis nuperrime mandata literis a Calo *Calonymos* hebraeo neapolitano, ubi nititur salvare apparentias in motibus planetarum absque eccentricis et epicyclis; fol., Venetiis, 1531.

On trouve souvent cet ouvrage relié avec le recueil :

Valderus, Sph, 1531.

Aben [Ibn] Ezra.

Auteur du XII[e] siècle. Indépendamment de ses ouvrages d'astrologie, il existe à Oxford une traduction latine manuscrite de son Astronomie, marquée :

554. R. Abrahae Aben-Ezrae Astronomia, opus excellens.

Voyez du reste sur cet astronome :

555. Steinschneider, M. Abraham Judaeus, Savasorda und Ibn Esra; zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften in zwölften Jahrhundert. ZMP, XII, 1867, 1.

Geber.

Geber, fils d'Affla, astronome arabe de Séville, qu'il ne faut pas confondre avec Geber ou Djafar le célèbre chimiste, appartient à la dernière partie du XIIe siècle. *Bienewitz* (en latin Apianus) a fait imprimer une version latine par *Gérard* de Crémone de son Commentaire de Ptolémée, ouvrage dans lequel il explique, en y joignant souvent une critique d'une certaine force, les passages les plus difficiles de l'Almageste. Le livre de *Geber* se trouve dans le volume :

556. Instrumentum primi mobilis a *P. Apiano* nunc primum et inventum et editum; accedunt Gebri filii Affla libri IX de Astronomia, sive commentarium in Ptolemaei Almagestum; fol., Norimbergae, 1534.

La date est bien 1534, malgré le chiffre 1533 que donnent la plupart des bibliographes.

Il existe, à la Bibliothèque de l'Escurial, deux mauuscrits arabes du traité de *Geber :* Liber de sphaeris, qui n'a jamais été imprimé.

Thebith ben Corah.

Au XIIIe siècle, cet astronome a composé plusieurs ouvrages, dont aucun n'a été imprimé. *Delambre,* dans son Histoire de l'Astronomie du moyen âge (§ 46, n° 280), p. 73, a analysé une version latine de cet auteur, portant pour titre :

557. Thebith ben Chorath, Libellus de motu octavae sphaerae,

que possède la Bibliothèque nationale de Paris. Il y en a aussi une copie à la Bibliothèque impériale de Vienne.

Il existe, en outre, de lui, un Commentaire de Ptolémée :

558. Liber Thebith ad Almagestum,

MS à l'Université de Cambridge;

559. Thebith ben Corah Opusculum de imaginibus sphaerae coelestis et circulorum ejus,

MS à Cambridge et à Vienne. Plus d'autres moins importants.

Aboul Hassan Ali.

560. Traité des instruments astronomiques des Arabes, composé au XIIIe siècle par Aboul Hhassan Ali de Maroc, traduit par *J. J. Sédillot*; 2 vol. 4°, Paris, 1834-1835.

En français seulement. Cet ouvrage est un traité à peu près complet d'Astronomie. C'est la dernière production importante des Arabes de l'Occident.

Trois astronomes principaux représentent la branche orientale du mouvement intellectuel au moyen âge, *Al Soufi* (Xe siècle), *Nassir-Eddin* (XIIIe siècle) et *Ulugbegh* (XVe siècle). Le premier et le dernier nous ont laissé des catalogues d'étoiles, qui ont été publiés, et pour lesquels nous renvoyons au chap. XXIV. On n'a imprimé de *Nassir-Eddin* que des tables géographiques. Il avait aussi fait des tables astronomiques, qui existent en manuscrit aux Bibliothèques de Leyde, de Paris et d'Oxford. Voici le titre du manuscrit de Leyde :

561. Nazireddini thusii Tabulae astronomicae inscriptae Ilchanae tartarum regi, cum explicatione persica.

Le même auteur a donné aussi des Institutions astronomiques, dont la Bibliothèque nationale de Paris a une copie en persan, jointe aux tables dont nous venons de parler, ainsi qu'une copie en arabe. A Oxford, il y a un manuscrit arabe-latin, sous le titre :

562. Nasireddini Institutiones astronomicae, cum commentaris luculento arabico Hussain Ebn-Mohammed nisaburiensis, qui Noddam vocatur.

Nassir-Eddin avait encore composé d'autres ouvrages, entre autres :

563. Tractatus de corporibus cœlestibus orbiumque cœlestium forma et motibus, auctore Nasireddino Mohamede thusaeo.

A la Bibliothèque nationale de Paris.

Ajoutons un traité de l'astrolabe, contenu en persan dans un volume de la Bibliothèque d'Oxford où sont réunis différents manuscrits persans, sous le titre :

564. Astronomorum aliquot persarum collectio : sunt autem Yahia Ebn Mohammed excerpta ex Abu Abdalla maredinense, Gelatoddin Mansur, Hosein Ebn Hosein, Chowaresmius Alkobraeus Fessol Hatem super Mohammed Giagermaeum, liber egregius. Tum Ali Sergiandius, percelibris astronomus, de sphaera, de epochis, de urbibus : Ali denique Koshgius author optimus, de logistica secundum Indos et Astronomia : servatur in eodem volumine Nasiroddin tusensis tractatus de astrolabio.

Une étude fort intéressante sur l'Astronomie de cette époque se trouve dans :

565. **Jourdain, A. L. M. M.** Mémoire sur l'Observatoire de Méragah et sur quelques instruments employés à y observer; 8°, Paris, 1810.

Meragâh était le fameux Observatoire de Nassir-Eddin, en Asie.

Kazwini.

Au milieu du XIII[e] siècle, a écrit une sorte d'encyclopédie, qu'il a intitulée « Merveilles des choses créées et singularités des choses existantes. »

Il y a dans cet ouvrage un chapitre traitant de l'astrognosie. Ce chapitre a été publié en arabe, sans traduction, par *C. L. Ideler*, à la p. 375 de son ouvrage : Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen, 8°, Berlin, 1809, sous le titre :

566. Zakaria Ben Mahmud El-Kazwini Gestirnbeschreibung arabisch.

Chrysococca.

Boulliau a publié un extrait du manuscrit de Chrysococca (XIV[e] siècle), qui se trouve à la Bibliothèque de Paris :

567. Synopsis tabularum astronomicarum persicarum ex syntaxi Persarum Georgii medici Chrysoccae quae in Bibliotheca regis christianissimi graece manuscripta adservatur.

Dans :

Bullialdus, Aph, 1645, 211.

Prophatius judaeus.

Du commencement du XIV[e] siècle. On a de lui deux ouvrages manuscrits :

568. Tabulae Profatii Judaei,

qui sont à Oxford, à la Bibliothèque savilienne; et

569. Prophacii, medici judaei, Tractatus de usu quadrantis,

qui est à la Bibliothèque impériale de Vienne.

Shah Cholgius.

Il faut mentionner parmi les ouvrages écrits au XV[e] siècle :

570. Astronomica quaedam ex traditione Shah Cholgii persae, una cum hypothesibus planetarum nunc primum publicata, studio *J. Gravii;* 4°, Londini, 1652.

Texte persan et traduction latine de ***Gravius.***

ULUGH-BEG.

Cet astronome clôt la série des travaux utiles de l'Asie. Il appartient au commencement du XVe siècle. Après lui nous ne devons plus compter, pour le progrès de la science, que sur les astronomes de l'Occident. On a publié, outre son catalogue dont nous avons déjà parlé :

571. Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug-Beg, traduction et commentaire, par *L. A. Sédillot*, 2 vol. 8°, Paris, 1847-1853.

Le premier volume est consacré au texte arabe, la traduction et le commentaire sont dans le second.

ZACUT [ZAGUT].

Il y a en manuscrit à la Bibliothèque nationale de Paris, un ouvrage hébreu de cet auteur, du XVe siècle, écrit à Carthage :

572. R. Abraham Zacut Tractatus de stellarum motu et ordine; item de anni cardinibus, e variis auctorum hebraeorum collectus.

§ 59. ASTRONOMES DE LA RENAISSANCE.

ALFONSO X DE CASTILLA.

Alphonse de Castille forme le lien entre l'Astronomie des Arabes et celle d'Europe. On a publié récemment en Espagne le grand ouvrage qu'il a composé au XIIIe siècle, et dont voici le titre :

573. Libros del saber de Astronomia del rey D. Alfonso X de Castilla, copilados, anotados y comentados por *M. Rico y Sinobas;* 5 vol. fol., Madrid, 1863-1867.

Le tome V n'a que la première partie. L'exécution typographique est très-belle. On voit, t. III, qu'Alphonse trouvait le cercle et l'épicycle insuffisants pour représenter les mouvements de Mercure, et proposait un ovale.

On connaît en outre les Tables Alphonsines, dont il sera question au chap. VII.

HOLYWOOD, JOHN OF [JOHANNES A SACROBOSCO OU SACROBUSTO].

Première moitié du XIIIe siècle. Son traité de la Sphère, imprimé pour la première fois en 1472, a été pendant plus de trois siècles le grand traité didactique d'Astronomie, employé dans l'enseignement. On en a fait, dans cet intervalle, plus de cent éditions.

La première est extrêmement rare; en voici le titre :

574. Joannis de Sacrobusto seu Bosco anglici Spaera [sic] mundi; 4°, Ferrariae, 1472.

Le volume se compose de 24 folios en caractères romains. La place des figures y a été laissée en blanc.

Les éditions suivantes ne sont guère moins rares :

575. Sphaera Johannis de Sacrobusto; 4°, Bononiae, 1477.

576. Sphaera magistri Jo. de Sacro Boscho; fol., Mediolani, 1478.

577. Joannis de Sacrobusto anglici viri clarissimi sphaera mundi, et *Gerardi* Cremonensis Theoria planetarum; 4°, Venetiis, 1478. — Réimpr., 4°, Bononiae, 1480.

Les éditions postérieures ont passé par de nombreuses réimpressions. Il faut citer d'abord celle donnée par Erhard *Ratdolt*, à laquelle sont jointes les Disputationes de *Regiomontanus* et les Theoricae de *Purbach* :

578. Johannis de Sacrobusto Sphaera, Disputationes Johannis *de Monte Regio* contra Cremonensia deliramenta, *J. Purbachii* Theorice planetarum; 4°, Venetiis, 1482. — Réimprimé maintes fois à Venise jusqu'en 1513.

Viennent ensuite :

579. Uberrimum Sphere mundi commentum, scilicet Sphaera mundi J. de Sacrobusto cum commentario *P. Cirvelli*, intersertis etiam quaestionibus *P. de Alliaco;* fol., Parisiis, 1494. — Réimprimé plusieurs fois à Paris.

Les éditions qui suivent sont presque toujours accompagnées de commentaires :

580. J. de Sacrobusto Sphaera mundi [opus sphaericum], cum commentariis *Cicchi* Esculani, Francisci *Capuani* de Manfredonia et *J. Fabri* Stapulensis; fol., Venetiis, 1495. — Cinq réimpressions de Venise.

Les Théoriques de *Purbach* sont jointes à cette édition (voir ce nom).

581. Figura spere [sic], cum glosis *Georgii* de Monteferrato; 4°, Venetiis, 1500.

C'est une édition de la Sphère de *Sacrobosco.*

582. Textus de Sphaera Johannis de Sacrobosco novo commentario illustratus, *Boneti* latensis Anuli astronomici utilitatum liber, Liber primus geometriae *Euclidis;* fol., Parisiis, 1500. — Réimprimé huit fois jusqu'en 1538.

583. Opus sphaericum Johannis de Sacrobusto per Wenceslaum *Fabri* de Budweysz; 4°, Agrippinae, 1500 (aussi 1501). — Réimprimé à Cologne en 1503 et en 1508.

584. Astronomiae scientiae sphaericum introductorium Johannis de Sacrobusto, cum commentariis; 4°, Liptzik, 1503.

585. Textus spere [sic] materialis J. de Sacrobusto, verba *Thebit* de imagine totius mundi; fol., Lipsiae, 1503. — Réimpr., 4°, Lipsiae, 1510.

586. Johannis de Sacro-Bosco Sphaericum opusculum cum lucida et familiari expositione per *M. Kamotulian* collecta; 4°, Cracoviae, 1522.

587. Sphere mundi opusculum Johannis de Sacrobusto cum additamentis mathematicis figuris descentibus explicatis... per *J. Guyion;* 4°, Avenione, sans date.

Cette édition se place entre 1520 et 1530.

Il y a une édition de Paris qui réunit celle avec les trois commentaires à celle contenant l'Anneau de *Boneti* et le Premier livre d'*Euclide,* c'est-à-dire celles de Venise 1495 et de Paris 1500 :

588. J. de Sacrobosco Sphaera mundi cum tribus commentariis nuper editis Cicchi, F. Capuani, J. Fabri, cum compositione anuli astronomici [Boneti] et geometria Euclidis; fol., Parisiis, 1531.

La même année, les Juntes imprimaient à Venise un recueil de traités sur la Sphère, qui commence par celui de Sacrobosco; ce recueil a pour titre :

589. Spherae tractatus : Sacrobosco, sphera; *Gerardi* Cremonensis theoricae; *G. Purbachii* Theoricae planetarum novae...; fol., Venetiis, 1531.

Il faut mentionner ensuite :

590. Johannis de Sacrobusto Liber de Sphaera, addita est praefatio *P. Melanchtonis;* 8°, Venetiis, 1537. — Réimprimé pour la dix-septième fois en 1601.

591. J. de Sacrobosco Sphaera, compendium in sphaeram per *P. Valerianum;* 12°, Parisiis, 1543. — Réimpr., 12°, Parisiis, 1550; 8°, Parisiis, 1551.

592. Sphaera Johannis de Sacrobusto, addita sunt quaedam ad explanationem eorum quae in sphaera dicuntur fatientia; 8°, Venetiis, 1554.

593. Sphaera Joannis de Sacro Bosco emendata, *E. Veneti* Scholia, Compendium per *P. Valerianum, P. Nonii* Demonstrationes; 8°, Lutetiae, 1557. — Réimprimé vingt-deux fois; la dernière réimpression est d'Anvers, 1673. Ce fut la dernière fois que l'ouvrage de Sacrobosco fut reproduit par la voie de la presse.

Les deux réimpressions de Lyon de 1617 et 1639 ont des notes de *J. Martinus* pedemontanus.

594. J. de Sacrobosco Libellus de sphaera et anni ratione, cum annotationibus *E. Reinholdii;* 8°, Wittebergae, 1574.

595. J. de Sacrobusto Sphaera; 8°, Venetiis, 1580.—Réimpr., 8°, Venetiis, 1601.

596. Sphaera J. de Sacro-Bosco, emendata et aucta opera *F. Burgesdicii;* 8°, Lugduni Batavorum, 1626. — Réimpr., 8°, Lugduni Batavorum, 1647; 8°, Lugduni Batavorum, 1656.

Traduction allemande.

L'allemand est la première langue vivante dans laquelle la Sphère de *Sacrobosco* ait été traduite. Cette traduction était due à *Heinfogel;* il y en eut plusieurs éditions :

597. Sphaera materialis, von J. Sacrobusco, eyn Anfanck oder Fundament der Ghenen die da Lust haben zu der Kunst der Astronomy (traduit par *C. Heinfogel*); 4°, Nürnberg, 1516. — Réimpr., 4°, Cöln, 1519; 4°, Strassburg, 1533; 4°, Strassburg, 1539; fol., Franckforth a. M., 1545.

Traductions italiennes.

598. Sphera volgare novamente tradotta con molte notande additioni, autore *M. Mauro;* 4°, Venetia, 1537.

Ce traducteur est plus connu sous le nom de Fra Mauro, auteur de la célèbre mappe-monde décrite par Zurla.

599. Trattato della sfera raccolta da G. Sacro-Busto per *A. Brucioli;* 4°, Venezia, 1543.

600. La Sfera di G. a Sacro Bosco tradotta di *P. V. Dante de' Rinaldini,* et arrichita d'annotazioni; 4°, Perugia, 1574. — Réimpr., 4°, Firenze, 1579 (impression des Juntes).

601. Sfera di G. Sacrobosco tradotta e dichiarata da *F. Pifferi;* 4°, Siena, 1604.

Rare.

Traductions françaises.

602. La sphère de Sacrobosco traduite en françois par *M. Perer,* béarnais; 8°, Paris, 1546.

603. La sphère de Sacrobosco traduite en françois par *G. Desbordes,* gentilhomme bourdelais; 8°, Paris, 1570.

Traductions espagnoles.

604. La esfera de Juan de Sacro-Bosco ex latino in hispanum transtulit *R. S. de Santaiana et Espinosa;* 4°, Pinciae, 1568.

605. *L. de Miranda,* Esposicion de la esfera de J. de Sacro-Bosco aumentada; 4°, Salmanticae, 1629.

ALBERT DE BOLLSTÄDT [ALBERTUS MAGNUS].

Milieu du XIIIe siècle. On a de lui deux ouvrages d'Astronomie, savoir :

606. Alberti Magni De coelo et mundo; fol., Venetiis, 1490.

Ce traité est réimprimé dans l'ouvrage du même auteur : Opus philosophie naturalis; 4°, Venetiis, 1496. Aussi dans ses Opera omnia; 21 vol. fol., Lugduni, 1651, au vol. II, n° 2.

607. Albertus Magnus, Speculum astronomicum, de libris licitis et illicitis.

Dans ses Tractatus varii sive Parva naturalia; fol., Venetiis, 1517; p. 230 verso à 233 verso. En caractères gothiques. — Réimpr., fol., Lugduni, 1615.
Inséré dans ses « Opera omnia, » déjà cité, vol. V, n° 18.

AILLY, P. D' [PETRUS DE ALLIACO].

Vivait au commencement du XVe siècle.

608. Petri Alliaci Tractatus de imagine mundi, id est de cosmographia et geographia, scriptus anno 1410; tractatus de correctione calendarii; de vero cyclo lunari; cosmographie tractatus duo; apologetica duplex astronomice veritatis; fol., Lovanii, 1480.

Cet ouvrage rare et très-savant pour le temps où il a été composé, n'est pas mentionné dans la Bibliographie de *Lalande* et ne se trouve pas à Poulkova. *J. A. Fabricius* l'indique dans sa Bibliotheca latina mediae et infimae aetatis, 6 vol. 8°, Hamburgi, 1734-1746; nouv. édit., 6 vol. 4°, Patavii, 1754. Voir t. V, p. 705 de l'édition de Hambourg.

Cusa, Nicolaus de [Niklas Krebs ou Chrypffs].

On aura occasion de citer cet auteur au chap. VII. Les passages où il traite de questions astronomiques sont imprimés, et se trouvent dans ses OEuvres (§ 67, nos 783 et 784). Ses manuscrits sont conservés à l'hôpital de Cues, sur la Moselle, mais ils ne renferment guère que des ouvrages qui ont été publiés (Unt., VIII, 1854, 411).

P[e]urbach[ius], G.

Mort en 1461. Il a écrit une Théorie des planètes dans laquelle il se prononce carrément pour les cieux solides de cristal, entre lesquels il ne reste aux astres que l'espace strictement nécessaire pour circuler. Cet ouvrage a été réimprimé une cinquantaine de fois, soit seul, soit avec la Sphère de *Sacrobosco*. On peut distinguer les éditions suivantes :

609. Theoricae novae planetarum Georgii Purbachii astronomi celebratissimi; fol., [Norimbergae, 1472].

Des presses de *J. Müller* [*Regiomontanus*]. L'impression est très-belle, avec des lettres ornées fort bien dessinées. Le volume a 20 folios, sans chiffres, réclames ni signatures. Il est extrêmement rare. On en possède un exemplaire à Poulkova.

610. *J. de Sacro Busto* Sphaericum opusculum, contraque cremonensia in planetarum theoricas deliramenta *J. de Monteregio* disputationes, necnon G. Purbachii in motum planetarum theoricae; 4°, Venetiis, 1482. — Réimprimé neuf fois jusqu'en 1513.

611. Theorice nove planetarum Georgii Purbachii, ac in eas *F. Capuani* de Manfredonia... expositio; 4°, Venetiis, 1495. — Réimprimé deux fois.

L'ouvrage qui précède est joint en outre au suivant :

612. *J. de Sacro-Bosco* Sphaera mundi [Opus sphaericum] cum tribus commentis *Cicchi* Esculani, Francisci *Capuani* de Manfredonia, Jacobi *Fabri* Stapulensis; Theoricae novae planetarum G. Purbachii cum commento *F. Capuani* de Manfredonia; fol., Venetiis, 1495. — Réimprimé ensuite cinq fois.

613. Theoricae Purbachii, una cum *J. Ezleri* moguntii Theoria planetarum et veterae sphaerae; 4°, Basileae, 1509.

614. Théoricae novae planetarum, id est septem errantium siderum, necnon octavi orbis seu firmamenti, à G. Purbachio, emendatae ab *O. Finaeo*; 4°, Parisiis, 1525. — Réimprimé trois fois à Paris.

615. Theoricae novae planetarum G. Purbachii, temporis importunitate et hominum injuria locis cumpluribus conspurcatae, a *P. Apiano* jam ad omnem veritatem redactae; 8°, Ingolstadii, 1528. — Réimpr., 8°, Venetiis, 1534.

616. Sphaerae tractatus, *J. de Sacro Busto* Sphera, *Gerardi* Cremonensis Theoricae planetarum veteres; G. Purbachii Theoricae planetarum novae...; fol., Venetiis, 1531.

Des presses des Juntes. C'est un recueil de nombreux traités sur la Sphère.

617. G. Purbachii Theoricae novae planetarum, cum praefatione *P. Melancthonis;* 8°, Vitebergae, 1535. — Réimpr., 8°, Vitebergae, 1551.

618. G. Purbacchii Theoricae novae planetarum pluribus figuris auctae et illustratae scholiis ab *E. Reinholdo;* 8°, Vitembergae, 1542. — Réimprimé encore huit fois jusqu'en 1653.

619. Theoricae novae planetarum G. Purbachii, quibus accesserunt *J. de Monteregio* Disputationes super deliramenta theoricarum Gerardi *Cremonensis,* item [*Ezleri*] Maguntini Speculum astrologorum; *C. Vurstitii* Quaestiones novae in Theoricas Purbachii; 8°, Basileae, 1568 (titre aussi de 1569). — Réédité, 8°, Basileae, 1573.

620. G. Purbachii Theoricae novae planetarum, *F. Maurolyci* Computus ecclesiasticus, *H. Glareani* De geographia liber; 8°, Coloniae Agrippinae, 1581. — Suivi de trois réimpressions jusqu'en 1603.

621. G. Purbachii Theoricae planetarum; 8°, Basileae; 1595. — Réimpr., 8°, Basileae, 1596.

Traduction française.

622. La théorique des ciels, mouvemens et termes practicques des sept planètes; fol., Paris, 1528.

Cette traduction est d'Oronce *Finé,* qui a mis son nom aux réimpressions qui ont suivi :

623. *O. Finé,* La théorique des cieux et sept planètes, avec leurs mouvements, orbes et disposition; 8°, Paris, 1557. — Réimpr., 8°, Paris, 1607; 8°, Paris, 1619.

Traduction italienne.

624. Le nuove teoriche de i pianeti di Georgio Peurbachio hora in questa lingua tradotte da *O. Toscanella;* 8°, Venetia, 1566.

MÜLLER, J. [REGIOMONTANUS, DE REGIOMONTE, DE MONTE REGIO, DE MONT ROYAL].

Purbach préparait, à sa mort, un résumé de l'Almageste de Ptolémée. Son disciple *Regiomontanus* l'acheva et le publia. On y trouve certains développements pour faciliter la lecture de l'Almageste, mais ils n'ont aujourd'hui qu'un intérêt historique.

625. Epytoma Johannis de Monte-Regio in Almagestum Ptolomei; fol, Venetiis, 1496. — Réimpr., fol., Basileae, 1543; fol., Norimbergae, 1550.

L'édition princeps, aujourd'hui fort rare, est un des plus beaux volumes qu'on ait exécutés au XVe siècle. Le titre est entièrement gravé sur bois; les initiales de grande dimension sont des chefs-d'œuvre dans le goût de la renaissance, et la gravure sur bois qui occupe le verso entier du 5e feuillet est une des plus belles que l'époque ait produites.

BIENEWITZ, P. [APIANUS].

626. P. Apiani Cosmographia sive descriptio universi orbis; 4°, Landishutae, 1524. — Cette édition fort rare peut être suppléée par celle 4°, Ingolstadii, 1530.

L'ouvrage primitif n'était guère qu'une géographie; Gemma Frisius l'augmenta d'une partie astronomique, dans laquelle il considère surtout l'Astronomie sphérique. L'édition qu'il a donnée porte pour titre :

627. Apiani Cosmographicus liber; 4°, Antuerpiae, 1529.

Onze éditions de la même ville ont suivi celle-ci jusqu'en 1592, ainsi que deux de Paris, 1551 et 1553, et une de Cologne, 1574.

Il y a de ce livre différentes traductions sur l'édition de Gemma Frisius; une en hollandais :

628. Cosmographie oft beschryvinghe der geheelder werelt; 4°, Antwerpen, 1537; réimprimée différentes fois.

Une en français :

629. La cosmographie nouvellement traduite du latin en français, par *Gemma Frisius;* 4°, Anvers, 1544. — Réimp., 1581.

Une en espagnol :

630. Libro de la cosmographia; 4°, Amberes, 1548. — Réimpr., 1575.

631. P. Apiani Astronomicon caesareum, meteoroscopium planum, observationes cometarum quinque, et compositio torqueti; fol., Ingolstadii, 1540.

Ouvrage fort rare, et fort intéressant pour connaître l'état de l'Astronomie vers le milieu du XVI[e] siècle. Parmi les comètes observées se trouvait celle de Halley à son apparition de 1531, à l'occasion de laquelle *Halley* a cherché longtemps un exemplaire de cet ouvrage. Il y a une notice détaillée de l'Astronomicon caesareum dans *Kaestner*, Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. II, 1797, p. 548.

Fine[us], O.

632. O. Fineus, De cosmographia sive mundi sphaera libri V; fol., Lutetiae Parisiorum, 1530. — 2[e] éd., sous le titre : Tractatus de mundi sphaera, planetarum theorica et canones astronomici; fol., Parisiis, 1533; 3[e] éd. : De mundi sphaera sive cosmographia; fol., Parisiis, 1541. — Autres éd. : 8°, Parisiis, 1542; 4°, Lutetiae, 1551; 1553; 1555.

La première édition est aussi reproduite dans sa « Protomathesis, » fol., Parisiis, 1532, dont elle forme la troisième partie. L'ouvrage a été notablement remanié dans la seconde édition, et forme des éléments d'Astronomie, de géographie et d'hydrographie. Les quatre dernières éditions citées, qui sont d'un moindre format, ne contiennent pas les tables trigonométriques et astronomiques.

Il existe une traduction italienne des principaux ouvrages d'Oronce *Finé*, sous le titre :

633. Opere del O. Fine, tradotte in italiano da *Bartoli*; 4°, Venetia, 1587.

La « Cosmografia » ou traité du monde, y forme la quatrième partie.

Gemma Frisius [Phrysius], R.

634. Gemma Phrysius, De principiis Astronomiae et Cosmographiae, de usu globi, de orbis divisione ac insulis; 4°, Antverpiae, 1530. — Réimprimé souvent jusqu'en 1578.

Il y a une traduction française :

635. Gemma Frison. Les principes d'Astronomie et Cosmographie avec l'usage du globe, traduit par *C. de Boissière*; 12°, Paris, 1557. — Réimpr., 8°, Paris, 1580.

FRACASTOR[IUS], G. [H.]

636. H. Fracastorii Homocentricorum sive de stellis liber; 4°, Venetiis, 1535. — Réimpr., 8°, Veronae, 1538.

Cet ouvrage contient une théorie de l'Astronomie; l'auteur rejette les épicycles, et développe l'idée émise avant lui par *G. Della Torre*, d'expliquer les mouvements célestes au moyen de cercles homocentriques. On a souvent rappelé qu'il donne sect. III, cap. 23, la construction théorique du télescope, par la superposition à distance de deux lentilles.

Les Homocentrica de *Fracastor* forment la seconde partie de ses œuvres, dont il y a de nombreuses impressions (voir § 67, n° 792).

MAUROLICO [MAUROLYCUS].

637. F. Maurolyci Cosmographia, in qua de rebus ad astronomica rudimenta spectantibus disseritur; 4°, Venetiis, 1543. — Réimpr., 8°, Parisiis, [1558]; 4°, Venetiis, 1575.

La première édition de Venise est des Juntes. Ce traité ne fait pas partie des Opuscula mathematica de l'auteur imprimés à Venise en 1575.

§ 60. ASTROLOGIE.

C'est ici qu'il convient de dire quelques mots de l'Astrologie, cette fausse science qui a pris naissance dans l'antiquité, que Ptolémée lui-même a cultivée, mais qui avait acquis au moyen âge une extension et un empire que l'on a peine à concevoir.

Cette doctrine n'ayant plus aujourd'hui qu'un intérêt de curiosité, nous serons très-bref à ce sujet. Nous renseignerons seulement les principaux ouvrages, propres à servir d'introduction et de guide à ceux qui voudraient entrer dans l'étude des détails, et remonter aux sources elles-mêmes.

638. Sibly, E. Astrology, or complete illustration of the occult sciences, comprehending the art of foretelling future events and contingencies by the aspects of the heavenly bodies; 2 vol. 4°, London, 1790. — New edit., 2 vol. 4°, London, 1828.

639. Kästner, A. G. Astrologische Bücher, article inséré au vol. II, 1797, p. 671 de sa Geschichte der Mathematik; 4 vol. 8°, Göttingen, 1796-1800.

640. Montucla, J. E. Histoire de l'Astrologie :

dans

Montucla, HdM, IV, 1802, 369.

Cet article forme le n° vij du liv. VII, part. V.

641. Drechsler, A. Astrologische Vorträge in allgemein verständlicher Form; 8°, Dresden, 1855.

Cet ouvrage est le résumé de nombreuses recherches; on lira surtout avec intérêt l'article « aus und zu Geschichte der Astrologie, » p. 71.

Pour l'histoire de l'astrologie chez les anciens, le meilleur compendium est dans l'ouvrage de *Lewis*, An historical survey of the Astronomy of the ancients, 1862 (mentionné dans notre § 53, sous le n° 367) ; voir p. 291-314.

On peut citer, pour l'astrologie des Orientaux :

642. Hügel, C. von. Ueber die Astrologie der Hindu; 8°, [Stuttgart], 1844.

Il faudra consulter du reste les articles relatifs à l'astrologie, dans les histoires générales de l'Astronomie, notamment dans *Bailly*. Sur quelques points spéciaux nous indiquerons :

643. Künher, C. Astronomiae et astrologiae in doctrina gnosticorum vestigia; 8°, Hildburghusae, 1835.

La Ire partie, la seule que nous connaissions et peut-être la seule qui ait paru, traite des médailles astrales.

644. Anonymus persa. De siglis arabum et persarum astronomicis; 4°, London, 1648.

L'origine des signes symboliques des planètes est examinée par :

645. Wall, M. On astronomical symbols.

Dans les Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester, 8°, Manchester; vol. I, 1789, p. 243.

646. Letronne, J. A. Sur l'amulette de Jules César et les signes planétaires,

dans la Revue archéologique, 8°, Paris, vol. III, 1846, p. 261. Cette origine est discutée dans

Humboldt, Kos, III, II, 1851, 424 (Cos, III, 465).

On trouve un résumé de ces recherches par *H*[*ouzeau*], *J. C.*, dans l'Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles, 16°, Bruxelles; année 1882, p. 197.

§ 61. RÉFORME DE L'ASTRONOMIE.

Nous désignons sous le nom de Réforme de l'Astronomie, la période qui s'étend de Copernic à Newton. On consultera, sur l'histoire de la science à cette époque :

647. **Apelt, E. F.** Die Reformation der Sternkunde, ein Beitrag zur deutschen Culturgeschichte; 8°, Iena, 1852.

L'histoire de l'Astronomie depuis Cusa, Purbach et Regiomontanus jusqu'à Kepler et Huygens.

648. **Frisch, C.** Historia Astronomiae saeculo XVI,

dans :

Kepler, Opa, VIII, 1870, 561.

649. **Ellner, B.** Die Entdeckungen des XVII. Jahrhunderts; geschichtlich-astronomische Studien ; 8°, Bamberg, 1858.

650. **Wolf, R.** ... Die Verbesserungen der Instrumente durch Tycho, Bürgi, Morin, Gascoigne, Picard, Vernier, Thévenot und Hugens. **Zurich, Vjh, XVIII, 1873, 98.** Reproduit dans **Wolf, Mth, IV, 1876,** n. XXXIII, p. 90.

651. **Le Monnier, P. C.** Discours préliminaire sur l'histoire céleste de France.

A la p. j de son Histoire céleste, 4°, Paris, 1741. Il y donne la Relation des recherches expérimentales de Picard et de Lahire, 1666-1686.

§ 62. ASTRONOMES DEPUIS COPERNIC JUSQU'A KEPLER.

Le mémorable ouvrage de *Copernic* « De revolutionibus orbium coelestium, » est divisé en six livres. Le lib. I traite du système du monde; c'est là qu'il discute le double mouvement de la Terre, le maintien parallèle de son axe de rotation et la distribution des planètes autour du Soleil. Le lib. II est relatif à l'obliquité de l'écliptique et aux coordonnées sphériques; il contient un catalogue d'étoiles. Dans le lib. III, l'auteur explique et mesure la précession des fixes et la variation d'obliquité; il établit la théorie des mouvements apparents du Soleil. Le lib. IV traite des mouvements de la Lune; le lib. V, des mouvements des planètes en longitude, avec l'explication des stations et des rétrogradations. Enfin le lib. VI concerne les mouvements des planètes en latitude.

L'édition originale de ce monument de l'Astronomie est fort rare. L'auteur étant mort huit jours après la réception du premier exemplaire de son ouvrage, les réimpressions successives n'ont pu que suivre cette édition princeps. On énumère :

652. **N. Copernici** De revolutionibus orbium cœlestium libri VI; fol., Norimbergae, 1543. — Puis successivement : fol., Basileae, 1566; 4°, Amstelodami (avec un premier titre : Astronomia instaurata), 1617; 4°, Amstelodami (id.), 1640; 4°, Berolini, 1873.

La dernière édition a été publiée par la « Societas copernicana » de Thorn, d'après le manuscrit autographe.

Il y a une traduction allemande :

653. **Copernicus.** Ueber die Kreisbewegungen der Weltkörper (par *C. L. Menzger*); 4°, Thorn, 1879.

Il existe en outre une édition latine-polonaise, sous le titre :

654. **N. Copernici** Opera (avec la traduction polonaise par *J. Baranowski*); 4°, Varsaviae, 1854.

On a retrouvé récemment à l'Observatoire de Stockholm, cousu dans un exemplaire du De revolutionibus qui a appartenu à Hevelius, un manuscrit de *Copernic* dont voici le titre (*Lindhagen,* dans Stockholm, Ofv, 1881) : De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus.

Ce n'est pas sans intérêt qu'on voit les premiers efforts, longtemps isolés, faits pour répandre la connaissance du système du monde. Parmi les pionniers de ce grand travail, on compte :

655. **Recorde, R.** The castle of knowledge, containing the explication of the sphere both celestial and material with sundry pleasant proofes and certain new demonstration not written before in any vulgar works; 4°, London, 1551. — Réimpr. pet. fol., London, 1556; 4°, London, 1596.

Ouvrage inconnu à *Weidler, Scheibel* et *Lalande,* qui a ouvert la voie en Angleterre à la propagande copernicienne. L'auteur, après avoir exposé le système de Ptolémée, se prononce (p. 164-165 de l'édit. de 1556) pour le double mouvement de la Terre.

656. **Peucer[us], G.** Elementa doctrinae de circulis coelestibus et primo motu; 8°, Wittebergae, 1551. — Réimpr. cinq fois jusqu'en 1587.

C'est le premier ouvrage, en Allemagne, dans lequel le système planétaire a été présenté suivant les idées de Copernic.

657. Valerius, C. [Valère, Corneille]. De sphaera et primis astronomiae rudimentis libellus utilissimus, cui adjecta sunt brevia quaedam de geographia praecepta maxime necessaria; 8°, Antuerpiae, 1561. — Réimprimé huit fois jusqu'en 1593, des presses Plantin et Moretus.

658. Clavius, C. Commentarius in Sphaeram Joannis a Sacro-Bosco; 4°, Romae, 1570. — Il y a quatorze éditions de ce traité d'Astronomie, dont quatre ont été successivement retouchées par l'auteur, savoir : 4°, Romae, 1575; 4°, Romae, 1585; 4°, Venetiis, 1601; 4°, Romae, 1606.

L'ouvrage est reproduit en outre dans les « Opera mathematica » de l'auteur, 5 vol. fol., Moguntiae, 1612, où il occupe 316 pages. Ce traité est le meilleur commentaire qu'on ait donné sur l'Astronomie (De sphaera) de *Sacrobosco*. L'auteur toutefois reste encore étranger au système de Copernic. L'édition princeps est excessivement rare. (Voir ses œuvres, § 67, n° 782.)

659. Blebel[ius], T. De sphaera et primis Astronomiae rudimentis; 8°, Witebergae, 1576. Souvent réimprimé jusqu'en 1629. — Édition nouvelle, par *J. N. Enander*, avec addition par l'éditeur d'un traité du calendrier, sous le titre : De sphaera, seu primi mobilis rudimentis libellus; 8°, Lincopiae, 1656.

Cet ouvrage a été longtemps, en Allemagae, un livre classique d'Astronomie. L'auteur est mort en 1596.

660. Maestlin[us], M. Epitome Astronomiae, qua brevi explicatione omnia tam ad sphaericam quam theoreticam ejus partem pertinentia; 8°, [Heidelbergae], 1582. — Réimpr. 8°, Tubingae, 1588, 1593, 1598, 1610, 1624.

661. Brahe, Tycho [Tyge]. Astronomiae instauratae progymnasmata, quorum haec prima pars de restitutione motuum Solis et Lune stellarumque inerrantium tractat; 4°, Uraniburgi, absoluta Pragae Bohemiae, 1602.

Il y a des exemplaires qui portent Norimbergae.

Un nouveau titre a été fait Francofurti, 1610. Les 816 premières pages du volume sont de l'impression de Tycho Brahé à Uranibourg; les pages 817-822 ont été ajoutées à Prague par Kepler. L'auteur a résumé p. 581 et suiv., son ouvrage De nova stella anno 1572 existente, qui avait paru, 4°, Hafniae, 1573, et qui était presque entièrement détruit. Les Progymnasmata contiennent les fondements des théories du Soleil, de la Lune, des planètes et de l'accélération des fixes.

On retrouve cet ouvrage dans la publication faite sous le titre :

662. **Tychonis Brahe** Opera omnia, sive Astronomiae instauratae progymnasmata; 4°, Francofurti, 1648.

Ce dernier volume est loin d'ailleurs de composer les œuvres complètes de Tycho Brahé : il ne renferme qu'une partie de ses ouvrages.

663. **Metius, A.** Universae astronomiae institutio; 4 tomes en 1 vol. 8°, Franeckerae, 1605.

Plusieurs éditions ont suivi, auxquelles se trouve joint un traité intitulé : Tractatus de novis auctoris instrumentis et modo quo stellarum fixarum situs motusque Solis per eadem observantur. La dernière de ces éditions est de 1621.

L'auteur a donné une traduction hollandaise de cet ouvrage :

664 Fondamentale en de grondelijcke onderwijsinghe van de Sterrekonst en de beschrijvinghe der Aerden, door het gebruik van de hemelsche en aerdtsche globen; 4°, Amsterdam, 1621.

Le texte latin se retrouve dans les œuvres astronomiques de Métius (voyez § 67, nº 824).

§ 63. ASTRONOMES DEPUIS KEPLER JUSQU'A NEWTON.

Nous arrivons maintenant au grand *Kepler*, dont nous indiquerons séparément les principaux ouvrages. Tous ces ouvrages se retrouvent dans ses œuvres (§ 67, nº 813).

665. **Kepler[us] J.** Ad Vittellionem paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur; 4°, Francofurti, 1604.

Cet ouvrage est divisé en onze chapitres, dont les cinq premiers sont relatifs à l'optique, et dont les six derniers traitent d'Astronomie. Dans les premiers se trouvent, entre autres, la construction de l'œil, et l'essai de calculer les réfractions dans l'hypothèse d'une densité uniforme de l'atmosphère. Dans les seconds, l'auteur résume les bases de la science et donne en particulier une méthode pratique pour calculer les éclipses. Cet ouvrage est inséré au t. II, p. 1, des Opera de *Kepler*.

666. **Keplerus, J.** Astronomia nova aitiologêtos, seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observationibus Tychonis Brahe; fol., Pragae, 1609.

Cet ouvrage est destiné à déterminer la figure de l'orbite de Mars, que l'auteur trouve elliptique. Il est forcé, chemin faisant (part. III), de résoudre le problème qui porte son nom, et qui consiste à déduire de l'anomalie moyenne de l'astre son anomalie vraie. Il érige en loi générale (part. IV) l'ellipticité des orbites planétaires, avec le Soleil au foyer. L'Astronomia nova est insérée t. III, p. 1, des Opera de *Kepler*.

667. **Keplerus, J.** Dissertatio cum Nuncio sydereo nuper ad mortales misso a *Galilaeo;* 4°, Pragae, 1610; 8°, Francofurti, 1611.

L'auteur exprime son enthousiasme au sujet des découvertes de Galilée. De la révolution des satellites autour de Jupiter, il infère qu'on découvrira un mouvement de rotation à la planète.

Cette publication est reproduite au t. II, p. 485, des Opera de *Kepler* et au t. V, p. 405, de l'édition de Florence en 16 volumes 8°, des Opere de *Galileo.*

668. **Kepplerus, J.** Epitome Astronomiae copernicanae usitata forma quaestionum et responsionum conscripta; 3 part. en 1 vol. 8°, Lentiis ad Danubium et Francofurti, 1618-1622. — Réimpr., 8°, Francofurti, 1635.

L'ouvrage a paru en trois fois; la 1re livraison, datée de Lintz 1618, va jusqu'à la page 417 et comprend trois livres sur l'Astronomie sphérique. La 2e livraison, de Lintz 1620, est formée du ɪᴠe livre et des pages 418 à 640; *Kepler* y traite la question de l'ordre et des proportions dans le système du monde et y résume ses Harmonica qui ont paru en 1619. Enfin la 3e livraison, consistant des pages 641 à 922, est de Francfort 1622; elle se compose des livres ᴠ, ᴠɪ et ᴠɪɪ, et contient une Astronomie théorique, dans laquelle l'auteur annonce sa découverte de la loi des aires.

L'Epitome se trouve dans le t. VI, p. 113, des Opera (voir § 67, n° 813).

669. **Kepplerus, J.** Harmonices mundi libri V; fol., Lincii Austriae, 1619.

Cinq livres. Dans le lib. ɪɪ, intitulé « architectonicus » *Kepler* examine, entre autres problèmes, combien de points on peut placer sur une sphère aussi distants entre eux que du centre de la sphère, et en tire une application à la distribution des étoiles. Dans le lib. ᴠ, « astronomicus et metaphysicus, » il annonce (p. 189) sa découverte du rapport entre les carrés des temps des révolutions et les cubes des grands axes. On trouve les Harmonica au t. V, p. 75, des Opera.

C'est Hevelius qui était le détenteur des manuscrits de *Kepler.* Il a donné le détail (**London**, **PTr**, **1674**, n° **102**) des dix-huit volumes qu'ils composent. Après diverses péripéties, ces manuscrits sont devenus la propriété de l'Académie de Pétersbourg (**JdS**$_1$, **1773**, **871**). Ils ne contiennent plus que peu de chose qui n'ait été publié.

Tout astronome doit avoir lu au moins une fois dans sa vie le fameux petit livre « Sidereus nuncius, » dans lequel *Galilée* a fait connaître au monde les premières révélations du télescope dans les cieux.

Voici les différentes éditions séparées de cette publication célèbre, qui se retrouve en outre dans toutes les éditions des œuvres de l'auteur :

670. Sydereus nuncius magna, longeque admirabilia spectacula pandens, suspiciendaque proponens unicuique, praesertim vero philosophis, atque astronomis, quae a G. Galileo perspicilli nuper a se reperti

beneficio sunt observata; 4°, Venetiis, 1610. — Premières réimpr., 8°, Francofurti, 1610; 8°, Parisiis, 1610; et 4°, Pragae, 1610 (sous le titre : *J. Kepleri* Dissertatio cum Nuncio sidereo nuper ad mortales misso a *G. Galileo*, avec remarques de *Kepler*; aussi 4°, Florentiae, 1610 et 8°, Francofurti, 1611).

Il y a à Gottingue un exemplaire de l'édition princeps. On ne rencontre plus guère que l'édition de Francfort, qui a 55 pages, et les réimpressions de Képler.

Les différentes éditions ultérieures, tant dans le latin original que par voie de traduction, sont :

671. *Gassendi, P.*, Institutio astronomica cui accesserunt Galilei Nuncius sidereus et Kepleri Dioptrice; 8°, Londini, 1653. — Réimprimé en 1654 et en 1683.

672. Galilei Sidereus nuncius; 4°, Bononiae, 1655.

673. Galilée, Le messager céleste, contenant toutes les nouvelles découvertes qui ont été faites dans les astres depuis l'invention des lunettes d'approche (traduit et complété par *A. Tinelis de Castelet*); 12°, Paris, 1681.

674. Galileo. The sidereal messenger, and a part of the preface to Kepler's dioptrics; 16°, London, 1880.

Dans le « Sidereus nuncius, » l'auteur signale successivement l'existence d'innombrables étoiles télescopiques, la nature montueuse du sol de la Lune, les ombres de ses montagnes, la composition stellaire de la voie lactée, l'existence des satellites de Jupiter.

Le « Sidereus nuncius » est dans le vol. II des éditions in-4° des Opere, dans le vol. IV de l'édition de Milan de 1808, dans le vol. I de la seconde édition de Milan, et dans le vol. III de l'édition in-8° de Florence.

Un second ouvrage de *Galilée*, important pour l'Astronomie, est celui dans lequel il décrit les taches du Soleil. Nous le mentionnerons à la monographie de cet astre. Enfin nous indiquerons au chap. VII, sur le Système du monde, le Dialogue de *Galilée* sur ce sujet.

Viennent ensuite un certain nombre de traités généraux, par différents astronomes.

675. Longomontanus [Lumborg] C. S. Astronomia danica, in duas partes distributa, quarum prior doctrinam de diurna apparente siderum revolutione, super sphaera veterum armillari instaurata, posterior theorias de motibus planetarum, ad observationes Tychonis Brahae et proprias, complectitur; fol., Amsterodami, 1622. — Réimpr., fol., ibid., 1630, 1640, 1663.

676. Lansberg[ius], P. van. Uranometriae libri III; 4°, Middelburgi Zelandiae, 1631.

Ouvrage traitant des distances et des dimensions des corps célestes. Réimprimé dans les Opera de l'auteur (voir § 67, n° 815).

677. Lansbergii Tabulae coelestium motuum perpetuae, item Theoricae novae et genuinae motuum coelestium, et astronomicarum observationum thesaurus; 4°, Middelburgi, 1632. — Réimpr., 1651, et dans ses Opera

Il y a une traduction française :

678. Lansberg, P. Les tables perpétuelles des mouvements célestes, ensemble ses Théories nouvelles des mouvements célestes, et le trésor d'observations astronomiques; fol., Leyde, 1633. — Autre édit., fol., Middelbourg, 1634.

Traduit par *D. Goubard.*

Les Théoriques sont l'ouvrage fondamental de *Lansberg.* Elles sont reproduites dans ses œuvres, avec une pagination propre.

679. Blaeu, W J. Tweevoudigh onderwijs van de hemelsche en aerdsche globen, het een na de meyning van Ptolemeus met een vasten aerdkloot, het ander na de natuerlijcke stelling van N. Copernicus met een loopenden aerdkloot; 4°, Amsterdam, 1634. — Réimprimé plusieurs fois.

Il faut y joindre les deux traductions suivantes :

680. Institutio astronomica de usu globorum et sphaerarum coelestium ac terrestrium, duabus partibus adornata, una secundum hypothesin Ptolemaei, per terram quiescentem, altera juxta mentem N. Copernici per terram mobilem, latine reddita a *M. Hortensio* [*M. Van den Hove*]; 8°, Amstelodami, 1634. — Réimprimé souvent, entre autres : 8°, Oxonii, 1663.

681. Institution astronomique de l'usage des globes et sphères célestes et terrestres, comprise en deux parties : l'une suivant l'hypothèse de Ptolemée, l'autre selon l'intention de N. Copernicus; 4°, Amsterdam, 1642. — Réimpr., 4°, Amsterdam, 1669.

682. A. M. Schyrlei de Rheita Oculus Enoch et Eliae, sive radius sidereomysticus; fol., Antuerpiae, 1645.

L'auteur s'occupe d'abord longuement des différents systèmes du monde. Il présente ensuite les théories du Soleil, de la Lune et des planètes, et donne des tables de

leurs mouvements. Il discute si les cieux sont solides ou liquides (p. 184), puis passe aux apparences physiques des astres et à la rotation des planètes. Il s'occupe des marées, et termine par des considérations qui touchent à l'astrologie et à la météorologie.

683. Bullialdus [Boulliau], I. Astronomia philolaica, opus novum, in quo motus planetarum per novam et veram hypothesin demonstrantur; fol., Parisiis, 1645.

Ouvrage remarquable à plusieurs points de vue. Les mouvements des planètes y sont traités exclusivement dans le système Copernicien et selon les lois de Kepler. L'auteur recherche les éléments numériques de ces mouvements d'après les observations anciennes comparées à celles des modernes, et fait usage à cet effet d'extraits de différents manuscrits inédits contenant des observations astronomiques. L'ouvrage est composé comme suit : lib. I (p. 1), généralités sur le système du monde; lib. II (p. 53), grandeur de l'année et mouvements du Soleil; lib. III (p. 101), mouvements de la Lune, y compris la libration; lib. IV (p. 191), dimensions du Soleil, de la Terre, de la Lune et théorie des éclipses; lib. V (p. 217), précession des étoiles et obliquité de l'écliptique; lib. VI (p. 231), lib. VII (p. 259), lib. VIII (p. 283), lib. IX (p. 333), lib. X (p. 355), théories respectives de Saturne, Jupiter, Mars, Vénus, Mercure; lib. XI (p. 393), mouvements vrais des planètes; lib. XII (p. 427), explication des tables. Celles-ci suivent, avec une pagination propre et le titre de Tabulae philolaicae; elles occupent 209 pages. Vient enfin (p. 211-232) un extrait d'un manuscrit de la Bibliothèque du Roi, sous le titre : Synopsis tabularum astronomicarum ex syntaxi Persarum Georgii medici *Chrysoccoccae* quae in Bibliotheca Regis christianissimi graece manuscripta adservatur. (Voir plus haut, § 58, nº 567.)

La correspondance de *Boulliau* était fort considérable, et forme un grand nombre de volumes, qui sont conservés à la Bibliothèque nationale de Paris, section des manuscrits, suppl. franç., nº 980. La partie astronomique de cette correspondance compose le vol. XIX.

684. Gassendus [Gassendi], P. Institutio astronomica juxta hypotheses tam veterum quam recentiorum Copernici et Tychonis; 8°, Parisiis, 1647. — Réimpr., 4°, Hagae Comitum, 1656; 4°, Amstelaedami, 1680.

Il y eut une édition en Angleterre, à laquelle on joignit le Sidereus nuncius de *Galilée* et la Dioptrica de *Kepler* (§ 63, nº 671); en voici le titre :

685. P. Gassendi Institutio astronomica cui accesserunt *Galilei* Nuncius sidereus et *Kepleri* Dioptrice; 8°, Londini, 1653. — Réimpr., 1654 et 1683.

L'Institutio astronomica de *Gassendi* est reproduite au commencement du tome IV des deux éditions de ses OEuvres. Elle est composée de trois livres consacrés, I à l'astronomie sphérique, II à l'astronomie théorique, III à la discussion du système du monde selon Tycho Brahé et selon Copernic.

686. Wing, V. Harmonicon coeleste, or the celestial harmony of the visible world, containing an absolute and entire piece of Astronomy; fol., London, 1651.

Cet ouvrage a reparu à deux reprises, avec des changements plus ou moins importants, sous les titres :

687. Astronomia instaurata, or a new and compendious restauration of Astronomy; fol., London, 1656.

688. Astronomia britannica, in qua per novam concinnioremque methodum quinque tractatus traduntur; fol., Londini, 1669.

Cette dernière édition est en latin. L'auteur, qui est copernicien, en a retranché la réfutation des cieux solides. Il traite de la trigonométrie, de l'astronomie sphérique, de la théorie elliptique des planètes; il donne des tables des planètes et des éclipses, et un synopsis des observations (principalement d'éclipses et de passages de Mercure) faites par Tycho Brahé, Longomontanus, Gassendi, Guillaume de Hesse et quelques autres.

689. J. B. Riccioli Almagestum novum, astronomiam veterem novamque complectens, observationibus aliorum et propriis, novisque theorematibus, problematibus et tabulis promotam; 2 vol. fol., Bononiae, 1651 (aussi titre de Francofurtii, 1653).

Cet immense ouvrage, trésor d'érudition astronomique, forme une véritable encyclopédie de la science des astres. Il traite successivement, dans le vol. I, de l'astronomie sphérique, des mouvements du Soleil et de la Lune et des éclipses. L'auteur rassemble ensuite ce qui concerne les étoiles fixes, puis passe aux mouvements des planètes. Viennent après cela, dans le vol. II, les phénomènes extraordinaires, sous lesquels il range les comètes et les étoiles nouvelles. La discussion relative au système du monde est fort étendue; *Riccioli* conclut à l'immobilité de la Terre. L'ouvrage se termine par des problèmes concernant l'astronomie sphérique, la géographie astronomique, les parallaxes et la réfraction.

L'Almagestum novum de *Riccioli* est complété par l'ouvrage suivant, dans lequel l'auteur revient, dans le même ordre, sur les différentes matières qu'il a traitées dans son Almageste :

690. J. B. Riccioli Astronomiae reformatae tomi duo, quorum prior observationes, hypotheses et fundamenta tabularum, posterior praecepta pro usu tabularum astronomicarum et ipsas tabulas astronomicas CII continet; fol., Bononiae, 1665.

Cet ouvrage, devenu rare, était considéré par l'auteur comme le III[e] volume de son Almagestum novum. Le recueil d'observations qui forme le lib. x et dernier est une source précieuse.

691. Kircher[us], A. Itinerarium exstaticum, quo opificium, id est coelestis expansi, siderum natura, vires, proprietates ab infimo telluris globo usque ad ultima mundi confinia, nova hypothesi exponitur; 2 part. 4°, Romae, 1656-1657. — Réimpr., 4°, Herbipoli, 1660 (aussi 1671).

Ces deux parties ne forment qu'un volume et n'ont qu'une pagination. La seconde partie porte le titre : Iter exstaticum secundum. L'auteur donne un exposé du mouvement des planètes et entre dans des considérations parfois curieuses de physique céleste.

692. Horroccius [Horrocks], J. [Opera posthuma], Astronomia Kepleriana defensa et promota, excerpta ex epistolis ad Crabtraeum; 4°, Londini, 1672 (aussi 1673). — Réimpr., 4°, Londini, 1678.

C'est dans cette réimpression que le titre est augmenté des mots entre crochets. Les feuilles de l'ancienne édition ont servi à la seconde, jusqu'à la page 464 inclusivement. La suite est nouvelle. La théorie de la Lune est revisée : les valeurs numériques y sont calculées par *Flamsteed,* et l'on a ajouté trois dissertations de *Wallis.*

Horrocks fait voir que l'ellipse suffit pour la Lune, si l'on suppose l'excentricité variable, et si l'on donne un mouvement oscillatoire à la ligne des apsides, deux circonstances que, plus tard, *Newton* fit découler de la théorie de l'attraction.

693. Hevel[ius], J. Machina coelestis; 2 vol. fol., Gedani, 1673-1679.

Dans le vol. I, formant le lib. I de l'ouvrage, l'auteur décrit ses instruments, ainsi que ses machines pour tailler les lentilles des télescopes. Le vol. II contient ses observations. Il est divisé en trois livres (lib. II, III et IV), dont les deux derniers manquent à certains exemplaires, distribués par l'auteur avant l'achèvement de l'ouvrage. L'édition presque entière de ce second volume a été consumée dans l'incendie qui a détruit l'observatoire et l'habitation d'*Hevelius,* le 26 septembre 1679.

D'après une liste dressée par *Lalande,* et jointe à l'exemplaire de la bibliothèque de l'Institut à Paris, il doit rester au moins 34 exemplaires de ce second volume. Les principaux dépôts publics qui le possèdent sont : à Paris, les bibliothèques Nationale, de l'Institut, de l'Observatoire, du Panthéon, du Dépôt de la Marine (à ce dernier exemplaire manquent les lib. III et IV); à Leipzig, à la Rathsbibliothek, Universitäts Bibliothek, Bibliothek der Sternwarte; à Jena, à la Büttnersche Bibliothek; à Weimar, à l'Herzogliche Bibliothek; à Ulm, à la Bibliothèque de la ville; à Nürnberg, à la Bibliothèque publique; à Breslau, à la Rehdigerische Bibliothek; à Dantzig, à la Rathsbibliothek; à Riga, à la Bibliothèque de la ville. Un exemplaire a figuré en 1863, à Paris, sous le n° 389, à la vente des livres de Ch. Vogt de Munich.

694. Hevel[ius], J. Annus climactericus, sive rerum uranicarum et observationum annus quadragesimus nonus; fol., Gedani, 1685.

Cet ouvrage ne contient pas seulement des observations, mais aussi une révision de certains éléments numériques de l'Astronomie.

695. **Hevel[ius], J.** Prodromus Astronomiae, exhibens fundamenta quae tam ad novum plane et correctiorem stellarum fixarum catalogum construendum quam ad omnium planetarum tabulas corrigendas omnimode spectant, additus est catalogus stellarum fixarum; fol., Gedani, 1690.

Ouvrage publié après la mort de l'auteur.

Hevelius avait une correspondance fort étendue, qui, à sa mort, formait 17 gros volumes. Cette précieuse collection fut acquise par *J. N. de l'Isle,* en 1725, lorsqu'il passait par Dantzig. Plus tard elle devint la propriété de *Godin,* qui l'emporta à Cadix lorsqu'il fut appelé par le gouvernement espagnol à la direction de l'Ecole de marine. Elle y est demeurée après sa mort.

696. **Dechales, C. F. M.** Cursus mathematicus seu mundus mathematicus, universam mathesin complectens; 3 vol. fol., Lugduni, 1674. — 2e édit., 4 vol. fol., Lugduni, 1694. (Voir § 55, n° 430.)

Cet ouvrage classique, très-renommé dans son temps, donne une idée exacte de la science à l'époque de sa publication. Il se compose de 31 traités. Le n° XXVI s'occupe des globes et des astrolabes; le n° XXVII, de la gnomonique; le n° XXVIII de l'astronomie sphérique et théorique, du calendrier et des tables astronomiques. Ces traités sont dans le dernier volume de chacune des éditions. La seconde édition a été augmentée d'une histoire générale des mathématiques depuis Thalès jusqu'en 1670.

§ 64. ASTRONOMIE MODERNE DEPUIS NEWTON.

Les ouvrages de cette période, relatifs aux différentes branches de la science, seront indiqués en détail dans les divers chapitres auxquels ils appartiennent. Nous allons nous borner ici à signaler quelques récits ou résumés. Il est bien entendu d'ailleurs qu'on commencera toujours par examiner les histoires générales mentionnées aux §§ 43 et 46. Pour le XIXe siècle, il faut rappeler en particulier l'histoire de *Jahn,* § 45, n° 271.

Nous commençons par les travaux qui embrassent la période entière, pour passer ensuite à ceux dont l'étendue est plus limitée :

697. **Le Monnier, P. C.** Essai sur l'Histoire de l'Astronomie moderne,

en tête de

Le Monnier, Ins. 1746.

698. **Wolf, R.** Geschichte der Astronomie neurer Zeit; 8°, München, 1877.

Ouvrage précis, où le résultat des recherches modernes sur l'histoire de la science a été utilisé. L'auteur remonte aux temps anciens, mais c'est principalement l'histoire moderne qui l'occupe.

699. Lalande, J. J. de. Histoire abrégée de l'Astronomie depuis 1781 jusqu'à 1802;

dans sa Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803, p. 661. Ces résumés annuels avaient paru par parties dans divers volumes de la CdT.

700. Airy, G. B. Report on the progress of Astronomy during the present century. British Assoc, Rep, 1831-32, 125.

Traduction.

Abriss einer Geschichte der Astronomie im Anfange des 19. Jahrhunderts, 1800-1832 (par *C. L. von Littrow*); 8°, Wien, 1835.

701. Littrow, C. L. von. Ueber die Fortschitte der Astronomie in dem letzten Decennium. Kal, 1851, 79; 1852, 77; 1853, 77; 1854, 94.

702. Seydler. A. Pichled novejsich pokroku v Astronomii;

dans la revue Casopis pro pestorání mathematiky a fysiky, 8°, Praze; vol. VIII, 1879, p. 257. C'est un coup d'œil sur les progrès récents de l'Astronomie.

703. Polikeit. Fortschritte der Astronomie im letzten Decennium;

dans les Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde zu Presburg, neue Folge; vol. IV, 1880, p. 153.

704. Navarette, M. F. de. Recherches sur les progrès de l'Astronomie et des sciences nautiques en Espagne; 4°, Paris, 1839.

705. Loomis, E. The recent progress of Astronomy, especially in the United States; 8°, New York, 1849. — La 3° édit. est 8°, New York & London, 1856.

706. Mailly, E. Précis de l'histoire de l'Astronomie aux États-Unis d'Amérique. Bruxelles, Ann, 1860, 255.

707. Mailly, E. Tableau de l'Astronomie dans l'hémisphère austral et dans l'Inde. Bruxelles, Mcr', XXIII, 1873, n° 2.

Il faut citer également ici, comme documents à consulter pour l'histoire de l'Astronomie dans les temps modernes, la correspondance publiée de certains astronomes célèbres, notamment :

708. Briefwechsel zwischen W. Olbers und F. W. Bessel, herausgegeben von *A. Erman;* 2 vol. 8°, Leipzig, 1852.

709. Briefwechsel zwischen C. F. Gauss und H. C. Schumacher, herausgegeben von *C. A. F. Peters;* 5 vol. 8°, Altona, 1860-1863.

710. Corrispondenza astronomica fra G. Piazzi e B. Oriani, pubblicata per ordine del Ministro della Publica Istruzione. Milano, Pub, VI, 1875.

711. Briefwechsel zwischen C. F. Gauss, und F. W. Bessel, herausgegeben auf Veranlassung der königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften; 8°, Leipzig, 1880.

§ 65. TABLEAUX ANNUELS DE L'ASTRONOMIE.

Ayant acquis la connaissance de l'histoire de l'Astronomie, il faudra suivre les progrès de la science d'année en année. On peut recourir pour cet objet à l'une ou à l'autre des revues mentionnées ci-dessous :

712. **Royal Astronomical Society of London**; Reports of the Council.

Dans **London**, **MAS**, **I-XXVII**, pour les années 1820-1857 (sauf 1821 qui ne figure pas dans les publications); dans **London**, **MNt**, **I-XVIII**, pour les années 1826-1857, qui font double emploi avec la série précédente; dans **London**, **MNt**, **XIX** et suiv., pour les années 1858 et suivantes, jusqu'à ce jour.

Ces rapports contiennent, dans ses principaux traits, le tableau du mouvement de la science depuis 1820.

713. **Hirzel, H. & Gretschel, H.**, continué par **Gretschel, H. & Wunder, G.** Jahrbuch der Erfindungen und Fortschritte aus den Gebieten der Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie; 8°, Leipzig, 1865 et suiv.

714. **Klein, J. H.** Vierteljahres-Revue der Fortschritte der Naturwissenschaften in theoretischer und praktischer Beziehung; 8°, Cöln & Leipzig, 1873 et suiv.

715. **Figuier, L.** L'année scientifique et industrielle; 8°, Paris, 1857 et suiv.

716. **Parville, H. de.** Causeries scientifiques; 8°, Paris, 1862 et suiv.

717. **Dehérain.** Annuaire scientifique; 8°, Paris, 1865 et suiv.

718. *** Annuario scientifico ed industriale; 8°, Milano, 1864 et suiv.

L'Astronomie, dans les derniers volumes, par *G. Celoria.*

719. *** Annual of scientific discovery; 8°, Boston [U. S.], 1854 et suiv.

720. **Baird.** Annual record of science and industry; 12°, New York, 1874 et suiv.

La partie astronomique de ce recueil a d'abord été faite par *C. Abbe;* elle l'est maintenant par *E. S. Holden.*

§ 66. REVUES ET JOURNAUX.

Pour suivre d'une manière plus explicite les progrès de la science, l'astronome doit se pourvoir des principaux journaux ou revues qui paraissent en différents pays. Il doit même, pour compléter ses études, remonter aux publications périodiques antérieures à notre temps. Aussi allons-nous réunir les titres et les indications bibliographiques des revues et journaux spécialement astronomiques qui ont cessé de paraître, aussi bien que ceux des publications qui existent encore.

A]. *Revues astronomiques qui ont cessé de paraître.*

On peut considérer comme une revue astronomique, le Recueil que le troisième *Jean Bernoulli* faisait imprimer à Berlin. Mais le plus ancien journal destiné spécialement aux astronomes a été celui d'*Adelbulner.*

721. **Adelbulner, M.** Commercium litterarium ad Astronomiae incrementum inter hujus scientiae amatores communi concilio institutum; 2 vol. 4°, Norimbergae, 1734-1739.

Le premier volume a été terminé en 1735. Cette publication a cessé en mai 1739.

722. **Bernouilli, Jean$_3$.** Recueil pour les astronomes; 3 vol. 8°, Berlin, 1771-1776. + Supplément, 8°, Berlin, 1776-1779.

Le Supplément se compose d'une Liste des astronomes actuellement vivants, et de cahiers numérotés I-VI, portant pour titre : Nouvelles littéraires de divers pays.

723. **Bernouilli, J[ean$_3$] & Hindenburg, K. F.** Leipziger Magazin für reine und angewandte Mathematik; 3 vol. 8°, Leipzig, 1786-1788.

Le premier cahier a paru en décembre 1785; quatre cahiers forment un volume.

724. **Zach, F. X. von, continué à partir du Bd. III par Bertuch, F. J. & Gaspari, A. C.** Allgemeine geographische Ephemeriden, verfassert von einer Gesellschaf Gelehrten; 51 vol. 8°, Weimar, 1798-1816.

Les quatre premiers volumes, pour les années 1798 et 1799, sont les seuls qui intéressent à proprement parler les astronomes. La suite ne contient guère que de la géographie et quelques biographies.

725. **Zach, F. X. von.** Monatliche Correspondenz zur Beforderung der Erd- und Himmelskunde; 28 vol. 8°, Gotha, 1800-1813. + Register (par *J. G. Galle*); 8°, Gotha, 1850.

Cette revue est extrêmement riche en observations contemporaines et en articles astronomiques de toute espèce. Chaque année formait deux volumes.

726. Lindenau, B. von & Bohnenberger, J. G. F. Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften; 6 vol. 8°, Tübingen, 1816-1818.

Le vol. II est marqué Stuttgart. Il paraissait deux volumes par an.

727. Zach, F. X. de. Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique; 15 vol. 8°, Gênes, 1818-1826.

Il paraissait deux volumes par an. Le dernier volume est resté inachevé. Le tome I étant épuisé, on en a fait une réimpression en 1825. La lecture de cette revue est des plus intéressantes; on y trouve des recherches sur beaucoup de publications anciennes et sur une foule de sujets qui se rattachent plus ou moins directement à l'Astronomie.

728. Garnier, J. G. & Quetelet, A., à partir du tome III par Quetelet, A., seul. Correspondance mathématique et physique; 11 vol. 8°, Gand (puis Bruxelles à partir du tome III), 1825-1839.

Beaucoup d'articles d'Astronomie.

729. Gruithuisen, F. v. P. Analekten für Erd- und Himmelskunde; 7 cah. 8°, München, 1828-1831.

730 Gruithuisen, F. v. P. Neue Analekten für Erd- und Himmelskunde; 8 cah. 8°, formant 2 vol., München, 1832-1836.

Le vol. I est formé de 6 cahiers ; il n'a paru que 2 cahiers du vol. II. Chaque cahier a sa pagination distincte.

731. Jahn, G. A. Wöchentliche Unterhaltungen für Dilettanten und Freunde der Astronomie, Geographie und Wetterungskunde; 11 vol. 8°, Leipzig & Halle, 1847-1857.

Un numéro par semaine, un volume par an. Le mot « wöchentliche » ne figure que sur les quatre premiers volumes. A partir du t. VIII, 1854, le titre devient : Unterhaltungen im Gebiete der Astronomie, Geographie und Meteorologie. Cette revue a été continuée par le Wochenschrift für Astronomie, qui existe encore (voir plus loin, n° 739).

732. Mitchel, O. M. The sidereal messenger, a monthly journal devoted to astronomical science; 3 vol. 4°, Cincinnati, 1847-1848.

Ce journal est excessivement rare : il contient un grand nombre d'articles de valeur et d'observations utiles. Le vol. III a été interrompu après le 3e numéro, allant seulement jusqu'à la page 24. Il existe un exemplaire à la bibliothèque de la Royal Astronomical Society of London, où nous avons pu consulter cet ouvrage.

733. Gould, B. A. The astronomical journal; 6 vol. 4°, Cambridge [U. S.], 1851-1861.

Rare. Ce recueil avait l'allure des « Astronomische Nachrichten, » dont il sera question tout à l'heure; c'était, pour l'Amérique, une publication analogue à celle de *Schumacher*. Le vol. V porte pour lieu d'impression Albany.

734. Peters, C. A. F. Zeitschrift für populäre Mittheilungen aus dem Gebiete der Astronomie und verwandter Wissenschaften; 3 vol. 8°, Altona (puis Altona & Hambourg), 1858-1864.

Le 3e vol. est resté incomplet, n'ayant qu'un cahier au lieu de quatre.

735. Brünnow, F. Astronomical notices; 2 vol. 8°, Ann Arbor, 1858-1861.

Très-rare. Le vol. I, composé de 24 numéros, a paru de 1858 à 1861; les nos 7 à 20 sont datés d'Albany, tous les autres d'Ann Arbor. Le vol. II n'a pas été terminé; il s'arrête à la fin du no 28. Nous avons compulsé l'exemplaire de la Royal Astronomical Society of London.

B]. *Revues astronomiques existantes.*

736 Monthly notices of the Astronomical Society of London; 8°, London, 1820 et suiv.

Le XLIe vol. est en cours de publication en 1881. Un volume paraît maintenant chaque année, par livraisons. Index pour les vol. I-XXIX, 8°, London, 1870. Cet ouvrage contient des observations et des notices originales, qui tiennent une place importante dans la science.

737. Vierteljahrschrift der Astronomischen Gesellschaft; 8°, Leipzig, 1866 et suiv.

Un cahier par trimestre, un volume par an. Le XVIe volume forme l'année 1881. Il y a des suppléments à la IIIe et à la IVe année, 1868 et 1869. Cette revue comprend des notices ou mémoires originaux et d'excellents comptes rendus critiques des ouvrages nouveaux.

738. Astronomische Nachrichten; 4°, Altona puis Kiel (à partir du vol. LXXXI), 1823 et suiv. + Ergänzungs-Heft, 4°, Altona, 1849.

Cet important recueil d'observations et de mémoires, où le mouvement de la science militante de plus d'un demi-siècle vient en quelque sorte se résumer, a été fondé par *H. C. Schumacher,* qui en a publié trente et un volumes. Le tome XXXII porte le nom de *A. C. Petersen*, puis les tomes XXXIII à XXXVII ceux de *P. A. Hansen* et *A. C. Petersen*. Au tome XXXVIII, *P. A. Hansen* reste seul. Des tomes XXXIX à XCVI la publication a été dirigée par *C. A. F. Peters,* et pour les tomes XCVII-XCIX

par *C. F. W. Peters.* Enfin au tome C, cette importante revue a été placée sous les auspices de l'Astronomische Gesellschaft avec *A. Krueger* pour rédacteur.

Il y a d'excellentes tables par ordre de matières et par noms d'auteurs, en 4 vol. 4°, se rapportant chacun à vingt volumes des Astronomische Nachrichten. Le vol. I de ces tables, Hamburg, 1851, est par *G. A. Jahn;* le vol. II, Hamburg, 1856, par le même; le vol. III, Hamburg, 1866, par *C. F. W. Peters;* le vol. IV, Leipzig, 1875, par le même. Le centième volume de la collection est en cours de publication en 1881. Chaque volume se compose de 24 numéros de 16 colonnes, qui paraissent à des époques indéterminées.

739. Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie; neue Folge; 8° Halle, 1858 et suiv.

Rédigé d'abord par *E. Heis,* comme suite aux « Wöchentliche Unterhaltungen » de *G. A. Jahn,* mentionnés plus haut (n° 731). En 1875, *H. J. Klein* a pris la rédaction, au milieu du vol. XVIII. Il paraît un numéro par semaine, et un volume par an. On trouve dans ce journal beaucoup d'informations utiles, et par son secours on peut suivre, d'une manière générale, le mouvement de la science.

740. The astronomical register, a medium of communication for amateur observers; 8°, London, 1863 et suiv.

Un volume par an, paraissant par livraisons; le vol. XIX est en cours de publication en 1881. Depuis son origine cette revue donne avec détails les séances de la Royal Astronomical Society of London.

741. The Observatory, a monthly review of Astronomy; 8°, London, 1878 et suiv.

Dirigé par *W. H. M. Christie.* Les cahiers mensuels d'une année forment un volume. Le vol. IV correspond à l'année 1881. Ce recueil rend compte régulièrement des séances de la Royal Astronomical Society of London.

742. The English mechanic and mirror of science and art; grand 8°, London, 1865 et suiv.

La seconde partie du titre est devenue plus tard « and world of science. » Un numéro par semaine, un volume en six mois. Le XXXIVe vol. est en cours de publication au 1er janvier 1882. Il y a dans ce journal des communications d'astronomes amateurs sur l'aspect des planètes, parfois accompagnées de dessins. Depuis le vol. XI, 1870, on y rend compte des séances de la Royal Astronomical Society of London, et depuis le vol. XXII, 1876, il y a de quinze en quinze jours des lettres signées *A fellow of the R. A. S.,* traitant des questions d'actualité dans la science.

743. Copernicus an international journal of Astronomy; 4°, Dublin, 1881.

Cette revue est encore au Ier volume; elle contient des articles originaux. Rédacteurs : *R. Copeland* & *J. L. E. Dryer.* Les six premiers numéros (1er semestre de 1881) portaient le titre « Urania », qui a été changé ensuite en celui « Copernicus ».

744. Science observer, a journal for scientists; 8°, Boston, 1877 et suiv.

Paraît par cahiers. Le vol. IV a commencé dans la dernière partie de 1881. Bien que ce journal ne soit pas exclusivement consacré à l'Astronomie, cette science y tient pourtant la plus grande place, et en l'absence d'une publication tout à fait spéciale, il sert de moyen de diffusion aux nouvelles astronomiques, dans le Nouveau Monde.

745. Wolf, R. Astronomische Mittheilungen; 8° Zurich, 1856 et suiv.

Paraît par numéros, à des intervalles irréguliers; il y a 10 numéros par volume. Le VI[e] vol. est en cours de publication en 1881. Ce recueil se compose de reproductions d'articles de l'auteur dans le « Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich. » Bien qu'il s'y trouve des notices sur divers sujets, l'étude des taches solaires et de leur périodicité y occupe la plus grande place.

Nous donnerons en leur lieu l'indication des autres journaux tout à fait spéciaux, qui ne se rapportent qu'à une partie de la science astronomique. Nous terminerons la notice des revues et journaux généraux par ceux de ces recueils qui sont plus particulièrement consacrés à la vulgarisation de l'Astronomie. Voici les principaux :

746. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie; 8°, Leipzig, 1868 et suiv.

Rédigé d'abord par *R. Falb*, puis à partir du vol. XI, 1878, par *H. J. Klein*. Un volume par an en cahiers mensuels; toutefois le vol. V, 1872, n'a pas été achevé, et ne contient que le premier semestre. Au vol. VII commence une « Neue Folge, » avec une sous-tomaison distincte. L'année 1881 forme le vol. XIV de la tomaison générale.

747. Ciel et terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, paraissant le 1[er] et le 15 de chaque mois; 8°, Bruxelles, 1880 et suiv.

Le vol. I va de mars 1880 à févr. 1881 et a pour rédacteurs, pour l'Astronomie, *L. Estourgies, C. Fievez, C. Lagrange* et *L. Niesten;* le vol. II, qui commence à mars 1881, a les trois derniers pour rédacteurs de la partie astronomique.

748. Journal du ciel; notions populaires d'Astronomie pratique; Astronomie pour tous; bulletin de la Société d'Astronomie; 8°, Paris, 1861 et suiv.

Par *J. Vinot*. Les numéros appartenant à une même année forment un volume. Le vol. XVII répond à l'année 1881. Ce journal est tout à fait élémentaire.

§ 67. RECUEILS DES OEUVRES DES SAVANTS.

Avant de terminer ce qui concerne la bibliographie, il faut encore indiquer les éditions des œuvres des savants qui se sont occupés, entièrement ou incidemment, d'Astronomie. Il sera souvent beaucoup plus facile de recourir à ces OEuvres que de rechercher les publications originales. Ce sont d'ailleurs ces OEuvres qui sont citées de préférence par les auteurs les plus récents. Nous allons les donner dans l'ordre alphabétique, qui sera le plus simple pour les recherches.

Dans certains de ces recueils il n'y a qu'un ou deux traités qui puissent intéresser l'astronome, par exemple le De Coelo pour *Aristote,* l'Arenaria pour *Archimède.* En pareil cas, nous avons choisi spécialement les éditions des œuvres dans lesquelles on est sûr de trouver ces ouvrages.

ALBERTUS MAGNUS [ALBERT DE BOLLSTADT].

749. Opera omnia, edita studio et labore *P. Jammy;* 21 vol. fol., Lugduni, 1651.

Le tableau des matières est dans *J. A. Fabricius,* Bibliotheca latina mediae et infimae aetatis, 6 vol.; t. I, p. 114 de l'édit. 8° de Hambourg, 1734 : t. I, p. 44 de l'édit. 4° de Padoue, 1754.

ARAGO, F.

750. OEuvres complètes, publiées sous la direction de *J. A. Barral;* 13 vol. 8°, Paris et Leipzig, 1854-1862.

Les vol. I-III contiennent les notices biographiques; les vol. IV-VIII, les notices scientifiques; le vol. IX, les instructions, rapports et notices sur les questions à résoudre pendant les voyages scientifiques; les vol. X et XI, les mémoires scientifiques; le vol. XII, les mélanges; le vol. XIII, les tables. L'Astronomie populaire (voir § 37, n° 203) est à part de ces œuvres.

Traduction.

751. Sämmtlich Werke, Deutsche Ausgabe, herausgegeben von *W. G. Hankel;* 16 vol. 8°, Leipzig, 1854-1860.

ARCHIMEDES.

A]. *Texte et versions latines.*

752. Nonnulla opera Archimedis per *N. Tartaleam;* 4°, Venetiis, 1543.

Version latine seulement.

753. Archimedis Opera quae quidem extant omnia nunc primum et graece et latine in lucem edita; adjecta quoque sunt *Eutocii* ascalonitae commentaria; fol., Basileae, 1544.

754. Archimedis Opera non nulla a *F. Commandino* in latinum conversa et commentariis illustrata; fol., Venetiis, 1558.

Édition de P. Manuce.

755. Archimedous Panta sôzomena per *D. Rivaltum;* fol., Parisiis, 1615.

Les ouvrages d'*Archimède* se trouvent aussi dans

Mersennus, Cog, II, 1644, n° 3.

En latin seulement.

756. Archimedis Opera; *Apollonii* pergaei conicorum libri iv; *Theodosii* sphaerica, methodo nova illustrata, et succincte demonstrata per *I. Barrow*; 4°, London, 1675.

757. Archimêdous Psammitês kai kyklou metrêsis, *Eutokiou* eis autên hypomnêma, cum versione et notis *J. Wallis*; 8°, Oxonii, 1676.

758. Archimedis Monumenta omnia mathematica ex traditione *F. Maurolici*; fol., Panormi, 1685.

759. Archimêdous ta sôzomena meta tôn *Eutokiou* hypomnêmatôn, ex recensione *J. Torelli*, cum nova versione latina; fol., Oxonii, 1792.

Cette édition est généralement préférée.

B]. *Traductions dans les langues vivantes.*

760. Archimedis Kunstbücher, aus dem Griechischen übersetzt und mit Anmerkungen erläutert von *J. C. Sturmio*; fol., Nürnberg, 1670.

761. Les œuvres d'Archimède traduites littéralement avec un commentaire par *F. Peyrard*; 4°, Paris, 1807. — Réimpr., 2 vol. 8°, Paris, 1808.

762. Archimedes von Syrakus vorhandene Werke, übersetzt und mit Anmerkungen begleitet von *E. Nizze*; 4°, Stralsund, 1824.

ARISTOTELES [ARISTOTE].

A]. *OEuvres en grec seulement.*

763. Opera Aristotelis graece; *Theophrasti* de historia plantarum; 5 vol. fol., Venetiis, 1495-1498 (Édition d'Alde Manuce). — Réimpr., 6 vol. 8°, Venetiis, 1551-1553.

764. Aristotelis Opera quae extant (édition préparée par *N. Silburgius*); 11 tom. en 5 vol. 4°, Francofurdi, 1584-1587.

Les volumes ne sont pas numérotés; le « De Coelo » se trouve, à la suite des Physicae auscultationis libri VIII, dans le tome III, imprimé en 1584.

765. Aristotelis Opera ad optimorum librorum fidem accurate edita; 16 vol. 16°, Lipsiae, 1830-1832.

Le De Coelo est dans le t. III.

766. Aristotelis Opera, graece, ex recensione *I. Bekkeri* (voir plus loin, sous la lettre B); 11 vol. 8°, Oxonii, 1837.

767. Aristotelis quae extant, edidit *C. H. Weise*, 4° Lipsiae, 1843.

Il est bon d'avertir que le De Coelo ne se trouve pas dans l'édition restée incomplète de *T. Buhle*, 5 vol. 8°, Biponti, 1791-1799.

B]. *Versions latines et éditions gréco-latines.*

768. Aristotelis libri IV de Coelo et Mundo; de anima libri III ....; omnia latine, interprete *Averroe;* 9 part. en 3 vol. fol., Venetiis, 1483. — Réimpr., Venetiis, 11 vol. 4°, 1560-1562; 10 tom. en 13 part. 8°, Venetiis (chez les Juntes), 1562; 12 vol. 8°, Venetiis (ibid.), 1574; 7 vol. 16°, Lugduni, 1579-1580; 7 vol. 16°, Lugduni, 1580.

769. Aristotelis De coelo libri quatuor, meteorologicorum quatuor, de mundo ad Alexandrum unus; *Philonis Judaei* de mundo; *Theophrastis* de ventis....; fol., Venetiis, 1493.

770. Aristotelis Opera, latine per *J. Argyrophilum* byzantinum et alios; fol., Venetiis, 1496.

771. Aristotelis Operum nova edito graeco-latina (texte revu par *I. Casaubon*); 2 vol. fol., Lugduni Batavorum, 1590. — Réimpr., 2 vol. fol., Genevae, 1597; 2 vol. fol., Genevae, 1605; 2 vol. 8°, Aureliae Allobrogum, 1606-1607.

772. Aristotelis Opera omnia graece et latine (édition préparée par *G. Du Val*); 2 vol. fol., Parisiis, 1619. — Réimpr., ibid., 1629, 1639, 1654.

773. Aristoteles, ex recensione *I. Bekkeri;* 4 vol. 4°, Berolini, 1830-1837.

Le texte occupe les vol. I et II, la version latine le vol. III, les scholies le vol. IV.

774. Aristotelis Opera omnia graece et latine (par les soins de *F. Dübner* et *Bussmaker*); 4 vol. 8°, Parisiis, 1848-1852.

Faisant partie de :

Didot, BSG;

le De Coelo est au vol. II, 1850.

C]. *Traductions en langues diverses.*

775. Aristoteles' Works translated from the greek by *T. Taylor;* 10 vol. 4°, London, 1812.

La traduction du De Coelo est en tête du t. III. Ce bel ouvrage n'a été tiré qu'à 50 exemplaires.

776. OEuvres d'Aristote traduites en français par *J. Barthélemy de Saint-Hilaire;* 15 vol. 8°, Paris, 1847.

Les différents traités ont paru séparément; il n'y a pas de tomaison générale. Le traité du Ciel a été imprimé en 1866.

BEDA.

777. Opera omnia; 3 vol. fol., Parisiis, 1544. — Réimpr., 8 vol. fol., Parisiis, 1554; 8 vol. fol., Basileae, 1563; 8 tom. en 4 vol. fol., Coloniae Agrippinae, 1612 et encore 1688.

778. Opera omnia, aucta et edita a *J. A. Giles;* 12 vol. 8°, Londini, 1843-1844.

Comparaison soigneuse des manuscrits. Il y a, dans cette édition, une traduction anglaise des traités historiques.

BESSEL, F. W.

779. Astronomische Untersuchungen von F. W. Bessel; 2 vol. 4°, Königsberg, 1841-1842.

Recueil de mémoires qui avaient paru dans différentes publications. En indiquant les originaux, à mesure que nous aurons l'occasion de les citer, nous renverrons aussi à la présente collection, lorsque les travaux mentionnés s'y trouveront insérés.

780. Abhandlungen von F. W. Bessel, herausgegeben von *R. Engelmann;* 3 vol. 4°, Leipzig, 1875-1876.

Le vol. I est consacré aux mouvements des corps du système solaire et à l'Astronomie sphérique; le vol. II, à la théorie des instruments, l'Astronomie stellaire et les mathématiques; le vol. III, à la géodésie, la physique et les matières diverses.

BOSCOVICH, R. J.

781. Opera pertinentia ad opticam et Astronomiam maxima ex parte nova, et omnia hucusque inedita; 5 vol. 4°, Bassani, 1785.

Nous aurons souvent l'occasion de renvoyer à ce recueil de dissertations.

CLAVIUS, C.

782. Opera mathematica ab auctore nunc denuo correcta et multis locis aucta; 5 vol. fol, Moguntiae, 1612.

Le commentaire sur la Sphère de *Sacrobosco* est dans le vol. III; la gnomonique dans le vol. IV.

CUSA, NICOLAUS DE [KREBS].

783. Opera omnia; 2 vol. fol. [Norimbergae, 1476].

784. Accurata recognitio operum Nicolai Cusae (curavit *J. Faber* stapulensis); fol., Parisiis, 1514.

ENCKE, J. F.

785. Astronomische Abhandlungen zusammengestellt aus den Jahrgängen 1830 bis 1862 des Berliner astronomisches Jahrbuch, nebst drei in diesen Jahrgängen enthaltenen Abhandlungen von *Bessel, Olbers* und *Bremicker*; 3 vol. 8°, Berlin, 1866.

EUCLIDES.

Voici les éditions des œuvres d'*Euclide* qui renferment le traité des Phénomènes :

786. Euclidis megarensis philosophi platonici mathematicarum disciplinarum janitoris, habent in hoc volumine quicunque ad mathematicam substantiam adspirant, *B. Zamberto* interprete; fol., Venetiis, 1505.

Première édition très-rare.

787. Euclidis megarensis mathematici clarissimi elementorum geometricorum libri XV, ... his adjecta sunt Phenomena ...; fol., Basileae, 1537. — Réimpr., 1546, 1558.

788. Eukleidou ta sôzomena, *Euclidis* quae supersunt omnia, ex recensione *D. Gregorii*; fol., Oxonii, 1703.

Édition grecque-latine correcte, que l'on peut recommander.

789. Les OEuvres d'Euclide, en grec, en latin et en français, par *F. Peyrard*; 3 vol. 4°, Paris, 1814-1818.

D'après un manuscrit très-ancien. Le texte grec et la version latine en regard; le français au bas de la page.

EULER, L.

790. Opuscula varii argumenti; 3 vol. 4°, Berolini, 1746-1751.

FOUCAULT, L.

791. Recueil des travaux scientifiques de L. Foucault, mis en ordre par *C. M. Gariel*, et précédé d'une notice sur ses œuvres par *J. Bertrand*; 2 vol. 4° (1 de texte et 1 de planches), Paris, 1878.

FRACASTOR, G.

792. Opera omnia; 4°, Venitiis, 1555. — Autres édit., 4°, Venetiis, 1574; 4°, Venetiis, 1584; 2 vol. 8°, Lugduni, 1591; 2 vol. 4°, Patavii, 1739.

Ces œuvres sont divisées en deux parties, la première renfermant la philosophie et la médecine, la seconde les homocentriques. Les trois premières éditions sont des Juntes.

FRISI, P.

793. Opera; 3 vol. 4°, Mediolani, 1782-1785.

Le vol. I, 1782, se rapporte à l'algèbre et à la géométrie analytique; le vol. II, 1783, à la mécanique générale, à la mécanique appliquée et à la théorie de l'écoulement des liquides; le vol. III, 1785, contient sa cosmographie physique et mathématique, qui avait été publiée séparément en 1774-75. C'est ce dernier ouvrage qui intéresse particulièrement l'astronome.

GALILEI, G. [GALILÉE].

794. Opere; 2 vol. 4°, Bologna, 1655-1656.

Cette édition contient les principaux ouvrages de *Galilée,* sauf le Dialogue qui était condamné par l'Église. La publication a été dirigée par *C. Manolessi.*

795. Opera, nuova edizione; 3 vol. 4°, Firenze, 1718.

Dirigée par *T. Buonaventuri.* Les matières sont disposées comme dans l'édition précédente. Le troisième volume contient en outre les lettres.

796. Opere, in questa nuova edizione accresciute di molte cose inedite, 4 vol. 4°, Padova, 1744.

Cette édition fut préparée par *G. Toaldo.* Les matières des trois premiers volumes sont celles de l'édition précédente. Dans le quatrième, on a enfin pu donner le Dialogue.

797. Opere; 13 vol. 8°, Milano, 1808-1811.

Les douze premiers volumes sont une simple reproduction des quatre de l'édition de Padoue. Le treizième contient quelques pièces diverses.

798. Opere; 2 vol. gr. 8°, Milano, 1832. — Formant les t. XX et XXI de l'Enciclopedica Italiana dirigée par *N. Bottoni.*

On n'y trouve que les œuvres scientifiques, à l'exclusion de quelques ouvrages littéraires. L'éditeur a profité des pièces publiées par *Venturi* (voir ci-après).

799. Le Opere, prima edizione completa condotta sugli autentici manoscritti palatini; 16 vol. 8°, Firenze, 1842-1856.

Édition, dirigée par *E. Albèri,* la plus complète et la plus fidèle. Elle est divisée en œuvres astronomiques (t. I-V), commerce épistolaire (t. VI-X), œuvres physico-mathématiques (t. XI-XIV), œuvres littéraires (t. XV), supplément se rapportant notamment à la correspondance (t. XVI). Près d'un tiers de cette édition se compose de morceaux inédits.

Une partie de la correspondance de *Galilée* avait été publiée pour la première fois dans :

800. *Venturi, G.* Memorie e lettere inedite fin'ora o disperse di *G. Galilei;* 2 part. 4°, Modena, 1818-1821.

Bien que l'ouvrage soit en deux volumes, la pagination se poursuit d'un bout à l'autre.

GASSENDUS, P. [GASSENDI].

801. Opera omnia; 6 vol. fol., Lugduni, 1658. — Réédité, 6 vol. fol., Florentiae, 1727.

Ces deux éditions ne diffèrent pas entre elles par les matières ni par leur disposition. L'Astronomie proprement dite forme le t. IV. Les vies de Peiresc, de Tycho Brahé, de Copernic, de Purbach et de Regiomontanus, sont dans le t. V.

GAURICUS, L.

802. Opera omnia quae quidem extant; 3 vol. fol., Basileae, 1575.

GAUSS, C. F.

803. Werke; 7 vol. 4°, Göttigen, 1863-1874.

Le vol. VII est daté de Gotha. L'Astronomie est dans le vol. VI, 1874. Le vol. VII, 1871, est consacré à la Theoria motus in sectionibus conicis.

HOOKE, R.

804. Posthumous works published by *R. Waller;* fol., London, 1705.

HORREBOW[IUS], P_1.

805. Operum tomi III; 3 vol. 4°, Havniae, 1740-1741.

HORROCCIUS, J. [HORROCKS].

806. Opera posthuma; 4°, Londini, 1678.

Réimpression de son : Astronomia kepleriana, qui a été mentionnée au § 63, n° 692.

HUGENIUS, C. [HUIJGENS].

807. C. Hugenii zulichemii Opuscula posthuma; 4°, Lugduni Batavorum, 1703.

Publié d'après les instructions de *Huygens* par *B. de Volter* et *B. Fullen.* Réimprimé comme vol. II des Opera reliqua, voir plus loin n° 809.

808. C. Hugenii zulichemii Opera varia; 4°, Lugduni Batavorum, 1682. — Réimpr., 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum, 1724, et 4°, Lugduni Batavorum, 1751.

La 1re édition ne forme qu'un volume de 775 pages; la seconde est en deux volumes, mais la pagination est continue, le vol. II commençant à la page 309. Ce recueil, donné par *s'Gravesande,* renferme les principaux travaux de *Huygens,* à l'exception de ses ouvrages posthumes et de presque tous ses mémoires des Philosophical Transactions. Les traités publiés par l'auteur en français et en hollandais ont été mis en latin par *H. O. Schacht.* On trouve, entre autres, dans les « Opera varia, » Horologium oscillatorium, de Saturni luna observatio nova, Systema saturnium, de Saturni annulo observationes, et Cosmotheoros. La dernière réimpression, de 1751, ne porte pas pour titre Opera varia, mais Opera mechanica, geometrica, astronomica et miscellanea, qui sont les grandes divisions des deux premières éditions.

809. C. Hugenii zulichemii Opera reliqua; 2 vol. 4°, Amstelodami, 1728.

Donné par *s'Gravesande* pour compléter les Opera varia. Le vol. I contient, entre autres, la Dissertatio de causa gravitatis. Le vol. II porte le sous-titre Opuscula posthuma; c'est la réimpression du volume de 1703 (voir plus haut n° 807). On y trouve la Descriptio automati planetarii, où *Huygens* représente approximativement les périodes relatives des corps célestes à l'aide des fractions continues, dont il reconnaît à cette occasion les propriétés les plus remarquables.

ISIDORUS HISPALENSIS. [ISIDORE DE SÉVILLE].

810. Sancti Isidori Opera (par *M. Sonnius*); fol., Parisiis, 1580. — Éditions successivement augmentées : 2 vol. fol., Madriti, 1599 (sur les MSS d'Alvares Gomez et enrichie de notes par J. B. Perez et Grial); fol., Parisiis, 1601 (par J. Dubreul); fol., Coloniae, 1667 (reproduction de la précédente); 2 vol. fol., Madriti, 1778 ; 7 vol. 4°, Romae, 1797-1803 (par F. Arevali).

KAESTNER[US], A. G.

811. Dissertationes mathematicae et physicae; 4°, Altenburgi, 1771.

Mémoires présentés à la Société des sciences de Gottingue, de 1756 à 1766. On y trouve entre autres une gnomonique analytique.

812. Astronomische Abhandlungen zu weiterer Ausführung der astronomischen Anfangsgründe; 2 vol. 4°, Göttingen, 1772-1774.

Ce recueil contient, vol. I : 1) trigonométrie et formules analytiques ; 2) trigonométrie sphérique; 3) Astronomie pratique; vol. II : 4) notice sur les tables de logarithmes, 5) recherches de trigonométrie et d'Astronomie pratique; 6) théorèmes de dioptrique pour les lentilles isolées et pour les télescopes; 7) des micromètres dans les télescopes.

KEPLERUS, J. [KÉPLER].

813. Opera omnia edidit *C. Frisch;* 8 vol. 8°, Francofurti a. M. & Erlangae, 1858-1871.

Collection soignée, enrichie de notes, et terminée par une vie de *Kepler*. Nous y renverrons dans maintes occasions. L'Astronomia pars optica est au vol. II, l'Astronomia nova seu de motibus stellae Martis au vol. III, l'Harmonice mundi au vol. V, et l'Epitome astronomiae copernicanae au vol. VI.

LAGRANGE, J. L. DE.

814. OEuvres, publiées par *J. A Serret;* 9 vol. 4°, 1867-1881.

Cette publication n'est pas terminée. Les mémoires de *Lagrange* y sont classés d'après les publications dans lesquelles ils ont paru. Le vol. I et la première section du vol. II, sont consacrés aux travaux insérés dans les recueils de l'Académie de Turin; le vol. II, à partir de la p. 317, et les vol. III, IV et V renferment les pièces tirées des Mémoires de Berlin; le vol. VI, celles qui ont été publiées par l'Académie des sciences de Paris; dans le vol. VII sont les articles divers qui n'ont point paru dans des collections académiques; enfin le vol. VIII contient le Traité de la résolution des équations numériques, et le vol. IX le Traité des fonctions analytiques. Il reste à publier la Mécanique analytique.

Édition allemande.

J. L. Lagrange's Mathemathische Werke, deutsch herausgegeben von A. *L. Crelle;* 3 vol. 8°, Berlin, 1823.

LANSBERG[IUS], P. [VAN].

815. Opera omnia; fol., Middelburgi Zelandiae, 1663.

LAPLACE, P. S. DE.

816. OEuyres; 7 vol. 4°, Paris, 1843-1847.

Les vol. I à V reproduisent les cinq volumes de la Mécanique céleste, le vol. VI contient l'Exposition du système du monde, et le vol. VII la Théorie analytique des probabilités. Une nouvelle édition, intitulée « OEuvres complètes de *Laplace* » est en préparation : elle se composera de 13 vol. 4°, dont les cinq premiers ont paru, 1878-1882. Indépendamment des ouvrages proprement dits reproduits dans les sept volumes de l'édition précédente, on réunira, dans les six derniers volumes, les mémoires et notices de *Laplace,* insérés dans les collections académiques et dans diverses autres recueils.

MACROBIUS, A. T. [MACROBE].

817. Macrobii Opera, accedunt notae integrae *I. Pontani, J. Meursii, J. Gronovii;* 8°, Lugduni Batavorum, 1670. — Réimpr., 8°, Londini, 1694; 8°, Lipsiae, 1774. — Autres édit., 8°, Patavii, 1736 (emendata a *Vulpiis* fratribus); 2 vol. 8°, Quedlinburgi & Lipsiae, 1848 (revue par *L. Janus* [*Jahn*]).

Il y a plusieurs traductions françaises, savoir :

818. Les OEuvres de Macrobe traduites par *C. Du Rozoir;* 2 vol. 8°, Paris, 1827.

819. Macrobe, OEuvres complètes; *Varron,* De la langue latine; *Pomponius Mela;* 8°, Paris, 1845;

faisant partie de

Nisard, CAL.

820. OEuvres de Macrobe, traduction nouvelle par *H. Descamps, N. A. Dubois, L. d'Agnen, A. U. Martelli;* 3 vol. 8°, Paris, 1845-1847;

dans

Panckoucke, BSL.

MAUPERTUIS, P. L. M. DE.

821. Les OEuvres; 4°, Dresde, 1752. — Réimpr., 2 vol. 8°, Lyon, 1756; 4 vol. 8°, Lyon, 1768.

Ces OEuvres contiennent l'essai de cosmologie, le traité sur les différentes figures des astres, la mesure de la Terre au cercle polaire, les lettres sur le progrès des sciences, et quelques autres pièces de moindre importance.

MAUROLYCUS, F. [MAUROLICO].

822. Opuscula mathematica, nunc primum in lucem edita; 4°, Venetiis, 1575. — Réimpr., 4° Venetiis, 1580.

Ce volume contient De sphaera, Computus ecclesiasticus, Tractatus instrumentorum mathematicorum, Euclidis propositiones elementorum, Musicae traditiones, De lineis horariis, Arithmetica.

MAYER[US], T.

823. Opera inedita, edidit *G. C. Lichtenberg;* 4°, Gotingae, 1775.

Ce volume est marqué Tomus I, mais il n'en a pas paru d'autre. Il renferme le célèbre catalogue d'étoiles zodiacales de *T. Mayer,* des recherches sur les mouvements propres des étoiles, sur les taches de la Lune, sur le calcul des éclipses, et sur différents sujets physiques.

METIUS, A.

824. Opera omnia astronomica; 4°, Amsterdami, 1632. — Nova editio, 4°, Amsterdami, 1633.

Édité par *G. Blaeu.*

NEWTON[US], I.

825. Opera quae extant omnia, commentariis illustrabat *S. Horsley;* 5 vol. 4°, Londini, 1779-1785.

Le vol. I est consacré aux ouvrages d'analyse et de géométrie analytique. Dans le vol. II sont contenus les deux premiers livres des Principia; le troisième livre est au commencement du vol. III. Le reste de ce volume est occupé par De mundi systemate, Theoria Lunae et Lectiones opticae. Le vol. IV renferme le traité d'optique, des articles divers et le commerce épistolaire. Enfin le vol. V est réservé aux ouvrages historiques et religieux.

826. Opuscula, mathematica, philosophica et philologica, collegit partimque latine vertit ac recensuit *J. Castillioneus*; 3 vol. 4°, Lausannae & Genevae, 1744.

NONIUS, P. [NUÑEZ].

827. Petri Nonii Opera; fol., Basileae, 1566. — Réimpr., fol., Conimbricae, 1573; fol. Conimbrae, 1578; fol., Basileae, 1592.

On y trouve son traité de navigation, avec des recherches sur la propulsion par les rames, des notes sur la Théorie des planètes de Purbach, une critique d'Oronce Finé, le traité d'Alhazen sur l'origine des crépuscules, son propre traité sur le même phénomène, des notions sur les instruments et sur l'art d'observer.

PTOLEMAEUS, C. [PTOLÉMÉE].

828. C. Ptolemaei Opera omnia praeter geographiam latine versa; *Procli* diadochi Hypotyposes astronomicae, curante *H. Gemusaeo;* fol., Basileae, 1540 (des exemplaires marqués 1541).

Cette édition latine contient, pour l'Almageste, la version de *George de Trébisonde.* On n'y trouve ni le Planisphère ni l'Analemme.

829. C. Ptolemaei Omnia quae extant opera, praeter geographiam, castigata ab *E. O. Schreckenfuchsio;* fol., Basileae, 1551 (des exemplaires de 1552).

ROCHON, A. M. DE

830. Opuscules mathématiques; 8°, Paris, 1768.

Ces opuscules contiennent, entre autres, des moyens de perfectionner les instruments d'optique, d'observer en mer les éclipses des satellites de Jupiter, d'appliquer

l'héliomètre à la mesure des distances lunaires, des recherches sur la détermination des longitudes en mer, des considérations sur l'art de tailler et de polir les verres et les miroirs.

831. Recueil de mémoires sur la mécanique et la physique; 8°, Paris, 1783.

Mesure des angles par le micromètre prismatique, lumière des étoiles fixes, théorie de la vision, diasporomètre, héliomètre de Bouguer, extension de l'usage du quartier de réflexion.

SENECA, L. A. [SENÈQUE].

Voici les éditions des OEuvres de *Senèque* qui contiennent les Questions naturelles :

832. L. A. Senecae Opera omnia; fol., Neapoli, 1475. — Réimpr., fol., Coloniae, 1478.

833. L. A. Senecae Opera; fol., Venetiis, 1492.

834. L. A. Senecae Opera, recognovit *L. Erasmus;* fol., Basileae, 1515. — Réimpr., fol., Basileae, 1529.

835. L. A. Seneca a *M. A. Mureto* correctus et notis illustratus; fol., Romae, 1585. — Réimpr. fol., Parisiis, 1587; fol., Parisiis, 1598.

836. L. & M. A. Senecae Opera, cum commentariis et notis diversorum; fol., Lutetiae Parisiorum, 1607. — Réimpr., fol., même lieu, 1619 et 1627.

837. L. & M. A. Senecae Opera omnia ex *J. Lipsii* emendatione; 12°, Amstelodami, 1628. – Réimpr,, ibid., 1634; 3 vol. 12°, Parisiis, 1637; 3 vol. 12°, Lugduni Batavorum, 1640.

838. Senecae Opera omnia ex ultima *J. Lipsii* et *J. F. Gronovii* emendatione; 4 vol. 12°, Lugduni Batavorum, 1649. — Réimpr. Amstelodami, 1658.

Ces deux impressions sont des Elzevirs.

839. Senecae Opera, a *J. Lipsio* emendata et scholiis illustrata, *L. Fromondi* scholia ad Questiones naturales; fol., Antuerpiae, 1605. — Réimpr., fol., ibid., 1615, 1652, 1632.

La dernière réimpression est plus complète.

840. Senecae Opera quae extant, integris *J. Lipsii, J. F. Gronovii* et selectis variorum commentariis illustrata; 3 vol. 8°, Amstelodami, 1672 (des exemplaires marqués 1673). — Réimpr., 2 vol. 8°, Lipsiae, 1702; 8°, Lipsiae, 1770; 5 vol. 8°, Argentorati, 1809.

La première de ces impressions est de D. Elzevir.

841. Senecae Opera omnia recognovit et illustravit *F. E. Ruthkopf;* 5 vol. 8°, Lipsiae, 1797-1811.

Cette édition n'a pas été terminée.

Le texte est accompagné de traductions françaises dans :

842. Les œuvres de Senecque translateez de latin en françoys par *Laurens;* fol., Paris [entre 1500 et 1503].

843. Les œuvres de Senèque traduites en français par *La Grange*, avec le texte en regard; 13 vol. 12°, Paris, 1819.

C'est une réimpression de la traduction de *La Grange* (voir ci-après n° 848), à laquelle on a joint le texte.

844. OEuvres complètes de Senèque le philosophe, traduction nouvelle, publiées par *C. Du Rozoir;* 8 vol. 8°, Paris, 1832.

Fait partie de

Panckoucke, BSL.

845. OEuvres complètes de Senèque le philosophe; 8°, Paris, 1838.

Traduction française et texte, formant un volume de la Collection :

Nisard, CAL.

Traductions françaises, sans le texte :

846. Les œuvres complètes de Senèque traduites par *Chalvet;* fol., Paris, 1604. — Réimpr., fol., Paris, 1647.

847. OEuvres de Senèque traduites en françois par *Malherbe, Duryer* et *Baudoin;* 2 vol. fol., Paris, 1649.

848. Les œuvres de Senèque traduites en français par *La Grange* (publiées par Naigeon); 6 vol. 12°, Paris, 1778. — Réimpr., 6 vol. 8°, Paris, 1783; 8 tomes en 7 vol. 8°, Tours, an III (1795).

Traduction anglaise.

849. The works both moral and natural of L. A. Seneca done into english by *T. Lodge;* fol., London, 1614. — Réimpr., fol., London, 1620, puis 1632.

Traduction allemande.

850. Senecas Sämmtliche Werke übersetzt von *J. M. Moser* und *A. Pauly;* 15 vol. 12°, Stuttgart, 1828-1836.

SEXTUS EMPIRICUS.

851. Sextus empiricus, Opera graece et latine..., graeca ex manuscriptis codicibus castigavit *J. A. Fabricius;* fol., Lipsiae, 1718. — Réimpr.. 4°, Halis Saxoniae, 1796; 2 vol. 8°, Lipsiae, 1842.

852. Sextus empiricus graece, ex recensione *E. Bekkeri;* 8°, Berolini, 1842.

WALLIS[IUS], J.

853. Opera mathematica, ejusdem opera quaedam miscellanea; 3 vol. fol., Oxoniae, 1697-1699.

C'est dans le vol. III, p. 569, que se trouve le texte, avec version latine, du traité d'*Aristarque* de Samos sur les distances et les grandeurs du Soleil et de la Lune (§ 54, n° 414).

Nous aurions pu grossir considérablement cette liste, en y ajoutant les œuvres d'auteurs auxquels l'astronome qui s'occupe de l'histoire de la science, a recours incidemment. Telles sont les œuvres de *Plutarque* et de *Cicéron* parmi les anciens, de *Pico de la Mirandola* et de *Dante Allighieri* parmi les modernes. Nous aurions par là surchargé ce chapitre, sans en accroître l'utilité dans la même proportion. On trouvera toujours facilement ces ouvrages fort connus, auxquels nous aurons seulement à renvoyer pour des points d'histoire tout particuliers.

§ 68. COLLECTIONS D'OUVRAGES.

Indépendamment des ouvrages renfermant les œuvres d'un seul savant, on a formé parfois des collections ou des recueils qui embrassent les ouvrages de plusieurs auteurs. On peut également désirer avoir sous la main quelques renseignements, relatifs à celles de ces publications qui sont utiles pour étudier l'histoire de l'Astronomie. C'est ce qui nous a déterminé à former la liste ci-dessous :

A]. *Recueils de textes grecs.*

854. Henricus Stephanus [Henri (II) Estienne]. Poetae graeci principes heroici, et alii nonnuli; fol., Genevae, 1566.

855. Poetae minores graeci, praecipua lectionum varietate et indicibus locupletissimis instruxit *T. Gaisford;* 4 vol. 8°, Oxonii, 1814-1820. — Réimpr., avec des notes de F. V. Reizius, 5 vol. 8°, Lipsiae, 1823.

Empedocles est dans le t. III de la réimpression.

856. Philosophorum graecorum veterum praesertim qui ante Platonem floruerunt operum reliquiae, recensuit et illustravit S. Karsten; 2 vol, 8°, Haag, 1830-1838.

Dans le vol. I, Xenophanes et Parmenides; dans le vol. II, Empedocles.

857. *Theodosii* sphericorum elementorum libri III, ex traditione Maurolyci messanensis mathematici; *Menelai* sphaericorum libri III; *Maurolyci* sphaericorum libri II; *Autolyci* de sphaera quae movetur liber; *Theodosii* de habitationibus; *Euclidis* phaenomena; fol., Messanae, 1558. — Reproduit dans un ordre différent, et en y ajoutant *Apollonii* Conica, *Sereni* De sectione coni et cylindri, *Archimedis* Opera; 3 vol. 16°, Parisiis, 1626.

B]. *Collections gréco-latines.*

858. J. *Firmici* libri VIII, M. *Manilii* Astronomicon libri V, Phaenomena *Germanico* Caesare interprete, *Arati* Phaenomenon fragmentum *M. T.* C[*icerone*] interprete, *Arati* Phaenomena *R. F. Avieno* paraphraste, *Arati* Phaenomena graece, *Theonis* Commentaria copiosissima in *Arati* Phaenomena graece, *Procli* Sphaera graece, *Procli* Sphaera *T. Linacro* interprete; fol., Venetiis, 1499.

Édition fort rare d'Alde Manuce.

859. Dionysii Orbis descriptio, *Arati* Astronomicon, *Procli* Sphaera, cum scholiis *Ceporini;* 8°, Basileae, 1523. — Réimpr., 8° Basileae, 1534; 8°, Coloniae, 1543.

860. Valderus. Sphaera atque astrorum coelestium ratio, natura et motus. *J. Zieglerus* De solidae sphaerae constructione, *Proclus* De sphaera, Hemicyclium *Berosii*, *Aratus* cum commentario *Theonis* graece, *Ptolemaei* et *Jordani* De planisphaerio; 4° Norimbergae, 1531. — Réimpr., 4°, Basileae, 1536.

861. C. J. Hygini Fabularum liber et Poeticon astronomicon; *Palaephatus* De fabulosis narrationibus; *F. Fulgentii* Placiadis Mythologiarum libri III et de vocum antiquarum interpretatione; *Arati* Phainomenôn fragmentum *Germanico* Caesare interprete; ejusdem Phaenomena graece cum interpretatione latina; *Proclus*, De sphaera graece et latine (édition préparée par *J. Mycillus*); fol., Basileae, 1535. — Réimpr., fol., Basileae, 1549; fol., Basileae, 1570; 8°, Parisiis, 1578; 8° Lugduni, 1608; 8°, Lugduni Batavorum, 1670.

L'avant-dernière de ces réimpressions est portée deux fois dans le Librorum in

bibliotheca Speculae Pulcovensis catalogus systematicus de *O. Struve*, 8°, Petropoli, 1860; elle s'y trouve d'abord, avec indication exacte, p. 24; puis elle est répétée p. 25 avec la date erronée de 1808.

862. **Proclus, D.**, De sphaera liber; *Cleomedes*, De mundo, sive circularis inspectionis meteorum libri duo; *Aratus*, Phaenomena sive apparentia; *Dionysius* Apher Descriptio orbis habitabilis; 8°, Basileae, 1547. — Réimpr., 8°, Antuerpiae, 1547; 8°, Antuerpiae, 1550; 8°, Antuerpiae, 1553; 8°, Parisiis, 1560; 8°, Basileae, 1561; 8°, Basileae, 1585.

863. Spherae doctrinae propositiones graece et latinae, nunc primum per **C. Dasypodium** [Hasenfuss] editae : *Theodosii* De sphaera libri III, De habitationibus liber I, De diebus et noctibus libri II; *Autolycus*, De sphaera mobili liber I, De ortu et occasu stellarum libri II; *Barlami* monarchi Logisticae astrorum libri VI; 8°, Argentorati, 1572.

864. Astronomica veterum scripta isagogica graeca et latina : *Procli* Sphaera; *Arati* Phaenomena et prognostica; *Leontius,* De constructione Arateae sphaerae; his tribus adjuncta est interpretatio latina; Arataea phaenomena cum poetica interpretatione *Ciceronis, Avieni, Germanici; Hygini* Poeticon astronomicon; in officina **Sanctandreana**; 8°, Heidelbergae, 1589.

865. Poetae graeci veteres carminis heroici scriptores, qui extant, omnes; apposita est e regione latina interpretatio, cura et recensione **J. Lectii**; 2 vol. fol., Aureliae Allobrogum, 1606.

866. *Proclus, D.,* Sphaera; *Ptolemaei* De hypothesibus planetarum liber nunc primum in lucem editus; cui accessit ejusdem *Ptolemaei* canon regnorum; graece restituit, latine reddidit **J. Bainbridge**; 4°, Londini, 1620.

867. **D. Petavius**, Opus [Rationarium] de doctrina temporum; 3 vol. fol., Parisiis, 1627-1636. Nouveau titre, Amstelodami, 1703. — Réimpr., 3 vol. fol., Antuerpiae, 1705; 2 vol. 8°, Franequerae, 1694; 3 vol. fol., Veronae, 1734-1736; 3 vol. fol., Venetiis, 1757-1758.

Le second volume de l'édition princeps porte le titre particulier : Uranologion, sive systema variorum auctorum qui de sphaera et sideribus eorumque motibus graece commentati sunt; 1630. Il contient en grec et en latin, les ouvrages astronomiques suivants :

Gemini isagoge ad phaenomena, p. 1;

Ptolemaei liber de apparentiis inerrantium, ejusdem inerrantium significationes, p.71;

Achillis Tatii isagoge in phaenomena Arati, p. 121;

Hipparchi libri III in Arati et Eudoxi phaenomena, p. 171;

Arati genus et vita, p. 268.

Dans les éditions d'Italie l'Uranologion forme le t. III.

868. M. Mersenni cogitata physico-mathematica; 3 vol. 4°, Parisiis, 1644-1647.

Le vol. II, 1644, a pour titre particulier « Universae geometriae mixtaeque mathematicae synopsis, » et le vol. III, 1647, « Novarum observationum physico-mathematicarum. » Le vol. II reproduit presque rigoureusement l'édition amplifiée du recueil de *Maurolycus* de 1626 (n° 857).

869. J. A. Fabricii Bibliotheca graeca, sive notitia scriptorum veterum graecorum quoruncumque monumenta integra aut fragmenta edita extant; 14 vol. 4°, Hamburgi, 1708-1728. — Autre édition revue par *Harles,* 12 vol. 4°, Hamburgi, 1790-1811. Cette édition s'arrête au XI[e] volume de l'édition précédente.

870. F. Didot, frères. Bibliotheca scriptorem graecorum, cum interpretatione latina et indicibus nominum et rerum; 46 vol. 8°, Parisiis, 1837-1857.

C]. *Collections latines.*

Nous comprenons ici non-seulement les collections qui contiennent le latin seulement, mais aussi celles dans lesquelles le texte latin est accompagné d'une traduction.

871. Nicephorus, de astrolabio; *Proclus,* De astrolabio seu hypotyposis astronomicarum positionum; *Aristarchi* samii De magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae; *Timaeus,* De mundo; *Cleomedes,* De mundo; *Aristoteles,* De cœlo, *G. Valla* interprete; fol., Venetiis, 1498.

872. J. Firmici Astronomicon libri VIII, per *N. Prucknerum* ab innumeris mendis vindicati; hic accesserunt *C. Ptolemaei* Apotelesmatôn quod Quadripartitum vocant libri IV, De inerrantium stellarum significatione liber I, Centiloquium ejusdem, ex arabibus et chaldaeis *Hermetis* Aphorismorum liber I, *Bethem* Centiloquium, ejusdem de horis planetariis; *Almanzoris* Propositiones, *Zahelis* De electionibus liber I, *Messahalah* De ratione circuli et stellarum liber I, *Omar* De nativitatibus liber III, *M. Manilii* Astronomicôn libri V, *Brunfelsii* De diffinitionibus et terminis Astrologiae libellus; fol., Basileae, 1533. — Réimpr., fol., Basileae, 1551.

873. *Arati* solensis Phaenomena et prognostica, interpretibus *M. T. Cicerone, R. F. Avieno, Germanico* Caesare, una cum ejus commentariis; *C. J. Hygini* Astronomicon; apud G. Morelium; 4°, Parisiis, 1559. — Réimpr., fol., Coloniae Agrippinae, 1569.

874. Panckoucke, C. L. F. Bibliotheca nova scriptorum latinorum, ad optimas editiones recensita; 178 vol. 8°, Paris, 1826-1842.

Le latin et le français en regard.

875. Collection des auteurs latins avec la traduction française, publiée par D. Nisard; 27 vol. 8°, Paris, 1840 et suiv.

§ 69. BIBLIOGRAPHIES ASTRONOMIQUES.

On indiquera d'abord des bibliographies sommaires, bornées aux ouvrages les plus importants. Ce sont des listes dressées pour l'usage des personnes qui étudient l'Astronomie. Une liste de ce genre pourrait être regardée comme la base d'une bibliothèque choisie de l'astronome. Nous renseignerons :

876. Lalande, J. J. de. Catalogue des principaux livres d'Astronomie, dans son Astronomie, 3e édit., 3 vol. 4°, Paris; vol. I, 1792, p. lv.

A la suite de la Préface. Ce catalogue ne figure pas dans les deux premières éditions. Comparez :

877. Lalande, J. J. de. Remarques sur le choix des meilleurs livres d'Astronomie, dans la CdT, 1766, 228. Répété dans le volume de 1767.

878. Kaestner, A. G. Nachrichten von astronomischen Büchern;
dans sa Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. II, 1797, p. 493-670.

879. Young, T. A catalogue of works relating to natural philosophy, and the mechanical arts, with references to particular passages and occasional abstracts and remarks, dans son Course of lectures on natural philosophy, 2 vol. 4°, London; vol. II, 1807, p. 87 (l'Astronomie p. 324).

Ce travail considérable et consciencieux est un tableau de sources choisies. Il contient, outre les ouvrages séparés, l'indication des principaux mémoires des collections académiques. Il y aurait un grand intérêt à continuer jusqu'à ce jour cet important catalogue.

880. [Morgan, A. de]. References for the history of the mathematical sciences;
dans le Companion to the Almanac, annexé au British Almanac of the Society for

the diffusion of useful knowledge, 12°, London; année 1843, p. 40. Bibliographie des principaux ouvrages sur l'histoire des mathématiques pures et appliquées, et sur les vies des mathématiciens.

On consultera, sur les bibliographies elles-mêmes :

881. **Holden, E. S.** On reference catalogues of astronomical papers and memoirs;

dans le Bulletin of the philosophical Society of Washington, 8°, Washington; vol. II, 1880, p. 95. L'auteur y indique les ouvrages dans lesquels on peut se renseigner sur la bibliographie des diverses parties de l'Astronomie.

En ce qui concerne la bibliographie des ouvrages proprement dits, publiés séparément, nous mentionnerons :

882. **Beughem, C. a.** Bibliographia mathematica et artificiosa novissima, seu conspectus primus catalogi librorum mathematicorum, ... astronomicorum; 12°, Amstelodami, 1688.

883. **Weidleri, J. F.** Bibliographia astronomica; 8°, Wittenbergae, 1755.

Ouvrages d'Astronomie, par ordre chronologique.

884. **J. E. Scheibels** Astronomische Bibliographie; 3 Abth. + 2 Fortsetz. 8°, Breslau, 1784-1798.

Depuis l'origine de l'imprimerie jusqu'à 1653. On y trouve la description des ouvrages les plus importants.

Nous n'indiquerons que pour mémoire :

885. **Murhard, F. G. A.** Bibliotheca mathematica; 5 vol. 8°, Lipsiae, 1797-1805.

Cet ouvrage, en effet, n'a pas été terminé. Les sciences astronomiques (Astronomische Wissenschaften), qui devaient former la III[e] partie et le VI[e] volume, n'ont point paru.

886. **Lalande, J. J. de.** Bibliographie astronomique; 4°, Paris, 1803.

Ouvrage où sont indiqués par leurs titres tous les livres d'Astronomie connus de l'auteur. Les principaux mémoires insérés dans certaines collections, telles que les Philosophical transactions et le Journal des savants, y sont aussi mentionnés, mais incomplétement.

887. Ersch, J. G. Literatur der Mathematik, Natur- und Gewerbs- Kunde,... seit der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts bis auf die neueste Zeit; neue fortgesetzte Ausgabe von F. W. Schweigger-Seidel; 8°, Leipzig, 1828.

L'Astronomie occupe les col. 204 à 251. Le travail a été poussé dans cette édition jusqu'à la date de publication. L'ouvrage primitif de *Ersch* faisait partie de son Handbuch der deutschen Literatur, 1812.

888. Denis, F., Bibliographie cosmographique, à la p. 291 de son ouvrage : Le monde enchanté, cosmographie et histoire naturelle fantastiques du moyen âge; 8°, Paris, 1843.

Pour les mémoires insérés dans les collections, on consultera le relevé publié par *Reuss*, qui s'étend depuis la fondation des Académies jusqu'au commencement de ce siècle :

889. Reuss, J. D. Repertorium commentationum a Societatibus litterariis editarum; 16 vol. 4°, Gotingae, 1801-1821.

Le vol. V, 1804, contient l'Astronomie.

A partir du commencement du siècle, on a le grand Catalogue préparé par les soins de la Société Royale de Londres :

890. Catalogue of scientific papers, compiled and published by the Royal Society of London; 8 vol. 4°, London, 1867-1879.

Les mémoires et notices y sont rangés par ordre alphabétique des auteurs. Les six premiers volumes, 1867-1871, composent une première série, qui s'étend de 1800 à 1863; les deux volumes suivants, 1877-1879, forment une autre série, contenant les travaux de 1864 à 1873. Cet ouvrage sera continué.

891. Houzeau, J. C. & Lancaster, A., Bibliographie générale de l'Astronomie, vol. II, 8°, Bruxelles, 1882.

Ce volume est le seul qui ait paru jusqu'ici. On y reprend, par ordre méthodique de matières, les articles des deux ouvrages précédents, en y ajoutant le dépouillement d'un grand nombre de revues et journaux scientifiques ayant trait à l'Astronomie. Ce volume est complet pour les notices et mémoires insérés dans les collections de toute espèce, depuis 1665, époque de la fondation de la Société Royale de Londres et de la première publication du Journal des Savants, jusqu'en 1880.

§ 70. LISTES ET BIOGRAPHIES D'ASTRONOMES.

On trouvera des listes d'astronomes, appartenant à toutes les époques de l'histoire, aux endroits indiqués ci-dessous :

Riccioli, Alm, I, 1651, p. xxvj et xxviij.

La première liste est par ordre chronologique; la seconde, par ordre alphabétique, avec des notices sommaires, de quelques lignes.

892. Sherburn, E, The sphere of M. Manilius made an english poem; fol., London, 1675; à la fin.

Voyez pour cet ouvrage, § 56, nº 507.

893. Lalande, J. J. de., Bibliographie astronomique; 4º, Paris, 1803; p. 881.

Cet ouvrage vient d'être mentionné § 69, nº 886. Il y a plus de trois mille noms dans la liste de *Lalande.*

894. Bode, J. E. Chronologisches Verzeichniss der berühmtesten Astronomen seit dem xmten Jahrhundert, ihrer Verdienste, Schriften und Entdeckungen. BaJ, 1816, 92.

895. Houzeau, J. C. & Lancaster, A., Biographies d'astronomes, dans leur Bibliographie générale de l'Astronomie, 8º, Bruxelles; vol. II, 1882, p. 67 et 1565.

C'est l'indication des sources où l'on trouve des biographies d'astronome s; il y a près de trois mille noms, donnant lieu à des références.

On trouve, sous les indications suivantes, des tables chronologiques ou des éphémérides des découvertes astronomiques :

896. Walker, G. J., A list of anniversaries of remarkable astronomical discoveries and occurrences. ARr, VII, 1870, Suppl. to nº 81.

Il cite, entre autres, les dates auxquelles sont morts les principaux astronomes.

897. Wolf, R., Historisch-litterarische Tafel, dans son Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie, 2 vol. 8º, Zürich; vol. II, 1872, p. 428.

Outre les découvertes, l'auteur a joint la date de publication des principaux ouvrages d'Astronomie.

898. [Houzeau, J. C.], Table chronologique des découvertes astronomiques. Bruxelles, Ann, 1876, 52.

§ 71. MARCHE A SUIVRE POUR ÉTUDIER L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE.

Celui qui voudra étudier dans les sources l'histoire de l'Astronomie, aura d'abord à se familiariser avec la terminologie, les hypothèses et les méthodes des anciens.

Si l'on se contente de remonter à l'origine du système copernicien, et par conséquent au développement des méthodes nouvelles, on pourra suivre avec avantage une marche ascendante, et commençant par les Éléments d'astronomie de *J. Cassini* (§ 57, n° 189), prendre ensuite l'Atronomia philolaïca de *Boulliau* (§ 63, n° 683). On sera alors préparé à aborder les deux auteurs fondamentaux de l'Astronomie moderne, *Newton* et *Kepler*. On lira les Principia du premier dans l'édition annotée de Le Seur et Jacquier (§ 111, n° 1393), puis les deux grands ouvrages de *Kepler* dans l'édition de ses œuvres (§ 67, n° 813), Epitome astronomiae copernicanae et Astronomia nova. Dans cette lecture, on s'aidera de l'analyse donnée par *Delambre*, dans son Histoire de l'Astronomie moderne (§ 46, n° 281). On trouve l'analyse de l'Epitome au t. I, p. 592, et celle de l'Astronomia nova, au t. I, p. 390. Après ces études préliminaires, les différents auteurs de cette période n'offriront plus guère de difficultés.

Lorsqu'on se propose, au contraire, d'embrasser la série historique tout entière, et d'étudier les anciens astronomes dans leurs propres ouvrages, il faut commencer par la Mathematica compositio ou Almageste de *Ptolémée* (§ 55, n°s 450-453), qui sert en quelque sorte de clef à l'Astronomie grecque. On suivra cette lecture à l'aide de l'exposition de *Delambre*, Histoire de l'Astronomie ancienne (§ 46, n° 279), t. II, p. 67. On comparera en même temps le Commentaire de *Théon* d'Alexandrie (§ 55, n°s 478-480).

On lira ensuite *Cléomède* (§ 55, n° 474) et *Geminus* (§ 55, n° 436). On sera alors familier avec l'Astronomie sphérique des Grecs, et l'on pourra terminer par les descriptions de la sphère et des constellations, dont la lecture n'exige ni géométrie ni calculs.

Les Arabes, notamment *Albategnius* (§ 58, n° 548), et *Aboul Hhassan* (§ 58, n° 560), n'offriront pas de difficultés. Les traités de la Sphère du moyen âge sont souvent plus diffus; cependant on possédera, par l'étude qu'on aura faite des anciens, les moyens de les comprendre. On arrivera facilement à l'ouvrage magistral de *Copernic*, le De revolutionibus (§ 62, n°s 652-654).

Dans cette marche progressive, suivant l'ordre des temps, on passera en dernier lieu à l'Astronomie moderne, à laquelle s'appliquent les indications présentées plus haut.

CHAPITRE III.

ASTRONOMIE SPHÉRIQUE.

Nous comprenons ici tout ce qui se rattache à la sphère, à son mouvement et aux coordonnées goniométriques des étoiles. Nous rangeons par conséquent dans ce chapitre les applications de la trigonométrie sphérique à l'Astronomie, les phénomènes du mouvement diurne, avec la détermination de l'heure et la gnomonique, les petits déplacements des étoiles produits par la précession, la nutation et l'aberration, enfin les déterminations géographiques et l'Astronomie nautique. Nous traiterons de la réfraction au chapitre VI, parmi les applications de la physique à l'Astronomie.

§ 72. TRAITÉS D'ASTRONOMIE SPHÉRIQUE.

Eudoxe de Cnide était considéré, dans l'antiquité, comme le fondateur de l'Astronomie sphérique (*C. L. Ideler* dans Berlin, Abh., 1828, Phil, 49). La théorie de la sphère constituait, chez les anciens, la science astronomique presque entière. C'est seulement dans les temps modernes, lorsque la connaissance des mouvements réels des astres a pris ses développements, que l'Astronomie sphérique est devenue une branche séparée, ayant ses traités spéciaux.

Parmi ces traités nous citerons :

899. Horrebow, C. Elementa Astronomiae sphaericae; 4°, Hafniae, 1762.

900. Mauduit, A. R. Principes d'Astronomie sphérique, ou traité complet de trigonométrie sphérique; 8°, Paris, 1765.

Traduction.

901. Principles of spherical Astronomy, translated from the French by *Crakelt;* 8°, London, 1768.

902. Kaestner, A. G. Astronomische Abhandlungen, 1772-1774. (Voir § 67, n° 812.)

Dans le vol. I, nos 2 et 3, la trigonométrie sphérique avec ses applications; dans le vol. II, n° 5, des recherches de trigonométrie et d'Astronomie pratique (sphérique).

903. **Pasquich, J.** Epitome elementorum Astronomiae sphaericocalculatoriae; 4°, Viennae, 1811.

En 2 parties et un appendice.

904. **Brünnow, F.** Lehrbuch der sphärischen Astronomie; 8°, Berlin, 1851. — 2e éd., 8°, Berlin, 1862; 3e éd., 8°, Berlin, 1871.

Traductions.

905. Spherical Astronomy, translated by *R. Main ;* 8°, London, 1860.

906. Spherical Astronomy, translated by the author from the last german edition; 8°, London, 1865.

+ 907. Traité d'Astronomie sphérique et d'Astronomie pratique, édition française, par *E. Lucas & C. André ;* 2 vol. 8°, Paris, 1869-1872.

908. Tratado de Astronomia esférica y prática, traducida al castillano por *C. W. Moesta ;* 8°, Dresde y Leipzig, 1871.

Sur la 2e édition.

909. Traité d'Astronomie sphérique traduit par *Boutzkoï* (en russe); 8°, Saint-Pétersbourg, 1872.

Indépendamment de ce traité important, il faut encore mentionner :

910. **Main, R.** Practical and spherical Astronomy for the use of students in the Universities; 8°, Cambridge, 1863.

911. **Chauvenet, W.** A manual of spherical and practical Astronomy, embracing the general problems in spherical Astronomy, the special applications to nautical Astronomy, and the theory and use of fixed and portable astronomical instruments; 2 vol., 8°, Philadelphia, 1863. — Éditions successives: 2 vol. 8°, Philadelphia, 1864, 1868, 1874, 1876.

La 5e et dernière édition est marquée Philadelphia and London.

912. **Bartlett, W. H. C.** Spherical Astronomy; 8°, New York, 1865.

913. **Tinter, W.** Vorträge über sphärische Astronomie; 4°, Wien, 1873.

2 parties et 1 volume.

914. **Schultz, H.** Sferiska Astronomiens grundbegrepp; 8°, Upsala, 1879

§ 73. LE TEMPS ET SES SUBDIVISIONS.

La rotation quotidienne du ciel est le premier phénomène astronomique qui frappe les hommes. Elle est décrite par les poëtes, dans le langage de la science primitive :

Virgilius, Georgica [L], lib. I, v. 242;

Manilius, Astronomica [L], lib. I, v. 277;

Lucanus, Pharsalia [L], lib. VIII, v. 175.

Shakspeare, Measure for measure, Act. IV, Sc. 2.

Goethe, Faust, Th. II, Act. II, Eintr. 3.

La division du jour naturel en 12 heures, subdivisées selon l'échelle sexagésimale, et la période de sept jours constituant la semaine, remontent aux Accadiens et au XXe ou même au XXIIIe siècle avant notre ère (*A. H. Sayce*, dans le mémoire des Transactions of the Society of biblical archaeology, vol. III, 1875, p. 145, cité à notre § 51, n° 339).

La subdivision du jour en 24 s'étendait à toute l'Asie occidentale (*Salmasius* [*Saumaise*], De annis climatericis et antiqua astrologia, 8°, Lugduni Batavorum, 1648, p. 595; *Sallier*, dans Paris, Ins, IV, 1723, 65; *Goguet*, De l'origine des lois, 3 vol. 4°, Paris, t. II, 1758, p. 437) et à l'Égypte (*Herodote*, Historia [G], lib. II, cap. 82; *Dion Cassius*, Historia romana [G], lib. XXXVII, p. 42, édit. 1592). Elle a été conservée par les peuples qui l'ont reçue avec la civilisation elle-même. En Chine la division, au lieu d'être par 12 est par 5 (*Le Comte*, Mémoires [nouveaux] sur l'état présent de la Chine, 3 vol. 12°, Paris, 1696-1697; réimpr., 1701). En Amérique, les Aztèques divisaient en 16 la période d'un jour et d'une nuit (*Gama*, Descripcion historica y chronologica de las dos piedras; 2 part. 4°, Mexico; part. II, 1832. append. 1).

La semaine de sept jours a accompagné partout la division accadienne du jour en 24 parties. Elle s'est répandue en Occident par les sémitiques (*Spencer*, De legibus hebraeorum, 2 vol. fol., Cantabrigae, 1685; lib. I, cap. 4; *J. B. Biot*, dans Paris, Mem_2, XXII, 1849, 227, avec note confirmative de *A. Maury*, p. 263). Les anciens Grecs ne la connaissaient pas encore (*Goguet*, De l'origine des lois, 3 vol. 4°, Paris; vol. I, 1758, p. 217). C'est un fait remarquable que pendant qu'elle manquait dans l'Orient de l'Asie, elle se retrouvait chez les Péruviens (*Garcilasso de la Vega*, Primera parte de los comentarios reales, fol., Lisboa, 1609; lib. II, cap. 23). On cite partout *Dion Cassius* (Historia romana [G], lib. XXXVII, cap. 123, 124) pour son explication de l'origine des jours planétaires.

L'inégalité du cours du Soleil, s'opposant à ce que les douzièmes du jour fussent uniformes pendant l'année, les Babyloniens imaginèrent les heures dites équatoriales ou égales (*Macrobius*, Saturnalia [L], lib. I. cap. 3).

La distinction entre les différentes espèces de temps est par conséquent fort ancienne. Toutefois l'usage du temps solaire moyen ne s'est introduit que dans les siècles récents. Les désignations mêmes n'ont pas été fixées tout d'un coup. **Newton, PPm, lib. III, prop. 41** appelle temps vrai ce que nous nommons aujourd'hui temps moyen, et désigne notre temps vrai sous le nom de temps apparent.

Flamsteed fit le premier pas vers l'adoption du temps moyen, par la considération de l'équation du temps (*Flamsteed*, De inequalitate dierum solarium, à la suite de l'Astronomia Kepleriana de *Horrocks*, 4° Londini, 1672). Bientôt les avantages d'une mesure uniforme furent généralement reconnus par les astronomes.

Il semble que la substitution du temps moyen au temps vrai dans les horloges publiques, se fit d'abord à Genève. Toujours est-il que, dans cette ville, on employait le temps moyen en 1780 (Mémoires de la Société des Sciences de Genève, tom. I, part. II, introd., p. v). On en faisait usage en Angleterre en 1792 (**Lalande, Ast_3, I, 1792, 341**, note (¹)). La substitution du temps moyen au temps solaire vrai se fit, à Berlin, en 1810 (*Wolf, R.* Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 261), et à Paris seulement en 1816 (**Arago, Apc, I, 1854, 297**).

La Suisse donna encore la première, en 1853, l'exemple de suivre un seul temps moyen, celui de la capitale, dans toute l'étendue du pays (*Wolf, R*, l. c.).

Sur l'intervention de l'Astronomie dans l'établissement de l'heure, voyez :

915. Foerster, W. Ueber Zeitmaasse und ihre Verwaltung durch die Astronomie; 8°, Berlin, 1866. — Réimpr., 1872.

Sur la conversion des différentes espèces de temps les unes dans les autres, on peut consulter :

916. Zach, F. X , von. Ueber die verwandlung der Sternzeit in mittiere und wahre Sonnenzeit und umgekehrt. **BaJ, 1792, 89.**

917. Fischer, E. G. Ueber Sternzeit, mittlere und wahre Sonnenzeit und derselben gegenseitige Reduction. **BaJ, 1795, 113; 1796, 111.**

Des tables pour la conversion du temps moyen en temps sidéral, et réciproquement, se trouvent insérées dans les principaux almanachs astronomiques existants, notamment :

NAl; **CdT**, depuis le volume pour 1768; American Ephemeris and Nautical Almanach; **BaJ**, depuis le volume pour 1844; Almanaque nautico de San Fernando, depuis le volume pour 1855; Ephemerides astronomicas de Coimbra, depuis le volume pour 1868.

Il y en avait également dans les éphémérides qui ont cessé de paraître :

EpV, mais jusqu'au volume pour 1767 la réduction du temps sidéral en temps moyen était faite, dans ces éphémérides, avec une valeur inexacte; EpM, volumes pour 1800, 1801 et 1802; EfM, volumes pour 1866, 1867 et 1868.

§ 74. ÉQUATION DU TEMPS.

Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 10, parle déjà de l'équation du temps. *Tycho Brahé* n'employait que la partie qui dépend de l'obliquité de l'écliptique; c'est *Kepler* qui, le premier, considéra cette équation tout entière (Kepler, Epi, I, 1618, 285, 286; III, 1621, 720 et dans Keplerus, Opa, VI, 1866, 258, 240, 456).

Dans le siècle dernier, une controverse s'était élevée parmi les astronomes, sur la manière de calculer l'équation du temps. Voici les pièces principales d'après lesquelles on prendra une idée de cette discussion :

918. Euler, L. Methodus computandi aequationem meridiei [1736]. Petropolis, Cii, VIII, 1741, 48.

919. Lalande, J. J. de. Examen d'une question qui s'est élevée entre les astronomes sur la manière de calculer l'équation du temps. Paris, H & M, 1762, 151.

920. Maskelyne N. Some remarks upon the equation of time and the true manner of computing it. London, PTr, 1764, 336.

Traduit en français, avec additions, par Jean$_3$ Bernoulli, RpA, I, 1771, 1.

Delambre a calculé une table de l'équation du temps pour 1810 avec la variation séculaire (CdT, 1810, 492). On remarque que l'expression qu'il a donnée pour l'équation du temps (Delambre, Ast, II, 1814, 199) n'est pas entièrement d'accord avec celle de *G. Santini* (ZfA, II, 1816, 485).

§ 75. LEVERS ET COUCHERS DES ASTRES.

Les levers et les couchers des étoiles, principalement les levers et couchers héliaques, avaient une grande importance dans l'Astronomie primitive. Très-anciennement les Égyptiens avaient des tables des levers et des couchers des étoiles (*Diodorus Siculus*, Bibliotheca historica [G], lib. I). Ils suivaient depuis une haute antiquité les levers

héliaques de Sirius. On peut voir à ce sujet le travail de *Bainbridge,* publié par *Gravius* (*Bainbrigii* Canicularia; 8°, Oxonii, 1648). Au défaut de cet ouvrage, qui est d'une grande rareté, on consultera :

Petavius, Doc, I, 1626, lib. III, et var. dissert., lib. I, cap. 2 ; lib. VII, cap. 1;

Pluche, N., Spectacle de la nature; 8 tomes en 9 vol. 12°, Paris, 1732; t. IV, p. 307;

Pluche, N., Histoire du ciel, 1739; éd. 2 vol. 12°, Paris, 1748, t. I, p. 42, 277.

Voyez en outre :

921. Encke, J F., Ueber die Auf- und Untergänge der Sterne und der Sonne bei den Alten. Berlin, Mbr, 1860, 122.

Les différentes espèces de levers et de couchers, cosmiques et acronyques, sont expliquées dans :

Hipocrates, De aere [G];

Aratus, Phaenomena [G], passim;

Geminus, Isagoge, Elementa Astronomiae [G], cap. 16;

Columella, De re rustica [L], lib. XI, cap. 2.

Plinius, Historia naturalis [L], lib. XVIII, cap. 18-30.

Ptolemaeus, De apparentiis inerrantium [G].

De nombreux exemples de ces phénomènes sont cités par les poëtes, notamment :

Virgilius, Georgica [L], lib. I, v. 217 ; lib. V, v. 599;

Ovidius, Fasti [L], lib. I, v. 306, 457 ; lib. II, v. 79; lib. IV, v. 165; lib. VI, v. 470.

Le calendrier des levers et des couchers des constellations, pour l'ancienne Rome, a été restitué par plusieurs auteurs :

Gyraldus [Barry], L. G. Opusculi de annis ac mensibus [XII[e] siècle], 8°, Basileae, 1541 ; à la fin.

Rosinus [Roszfeld], J. Antiquitatum romanorum corpus absolutissimum, fol., Basileae, 1543. — Réimpr., fol., Lugduni, 1585; 4°, Ultrajecti, 1701 ; 4°, Amstelodami, 1743.

Hervart, J. G. Chronologia ad calculum astronomicum revocata, 4°, Monachii, 1612 ; par *G. A. Magini.*

Petavius, Doc, II, 1630, 102.

Riccioli, Alm, I, 1651, 468, a donné les dates des levers et couchers, tant héliaques que cosmiques et acronyques, de 36 belles étoiles pour l'an — 44, à Rome et (ibid, 471) ceux de Sirius et de Procyon pour différentes époques, de — 400 à + 1644.

Dans les temps modernes, les levers et couchers des étoiles ont perdu de plus en plus de leur importance. Les Éphémérides appartenant à la période de la Réforme de l'Astronomie les donnent pour un grand nombre d'étoiles, parfois plus de cent, et pour différents parallèles géographiques. On trouvera notamment de ces tables étendues dans les Éphémérides (voir plus loin, chap. XXVII) de *Stadius*, de *Maginus*, d'*Origanus*, et dans *Longomontanus* (Astronomia danica, fol., Amstelodami, 1622; part. I, lib. II, cap. 4). Ce grand travail, devenu sans objet utile, prend fin au milieu du XVII[e] siècle, avec les Éphémérides de *Montebrunus*.

Deux circonstances influent sur la détermination de l'heure du lever et du coucher d'un astre : le mouvement propre de cet astre et la réfraction.

Il y a dans la CdT, 1760, 165, une table des effets de la réfraction pour avancer le lever et retarder le coucher du Soleil. Cette table est vraisemblablement de *Lalande*.

Quant au mouvement propre, il n'a d'effet vraiment sensible que pour la Lune. On pourra consulter à ce sujet :

922. Lambert, J. H. Von Auf- und Untergänge des Mondes und dessen Bestimmung für jede Oerter der Erdfläche, vermittelst der Ephemeriden. BaJ, 1776, 154.

923. Mollweide, K. B. Ueber die Berechnung des Auf- und Untergänges des Mondes. ZfA, II, 1816, 266.

Les premières formules pour la durée des crépuscules astronomiques ont été données par *Nonius* [*Nunez*], De crepusculis, 4°, Olyssipone, 1542; *Delambre* les examine dans la CdT, 1818, 382.

C'est *Nonius* qui a le premier considéré le problème du plus court crépuscule. Ce problème a été traité successivement par :

924. *Jean$_1$ Bernoulli*, JdS$_1$, 1793, reproduit dans ses Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae & Genevae; vol. I, 1742, p. 64.

925. Le Monnier, Ins, 1746, 407.

926. *Alembert, d'*, à l'art. « Crépuscule » dans l'Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des lettres et des arts (voir § 40, n° 220), 1751.

927. *Mauduit,* dans ses Principes d'Astronomie sphérique (plus haut, § 72, n° 900), 1765.

928. Boscovich, Opa, IV, 1785, 388.

929. *Cagnoli, A.,* dans l'article « Crépuscule » de l'Encyclopédie méthodique (voir § 40, n° 221), 1786.

930. *Dandelin, G. P.,* Problème du plus court crépuscule. Cmp, II, 1826, 97.

931. *Arrest, H. L. d',* Ueber das Problem der kürzesten Dämmerunge. ANn, XLVI, 1857, 70.

932. *Liagre, J. B.,* Problème des crépuscules. Bruxelles, Mem_2, XXX, 1857.

933. *Brünnow, F.,* On the problem of shortest twilight. AsN, I, 1861, 7.

§ 76. SYSTÈMES DE COORDONNÉES SPHÉRIQUES.

La division de la sphère en cinq zones, fondée sur l'obliquité de l'écliptique, est très-bien établie dans *Aristoteles*, Meteorologica [G], lib. II, cap. 5.

Elle est justifiée aussi dans *Virgilius*, Georgica [L], lib. I, v. 233, et dans *Ovidius*, Metamorphoses [L], lib. I, v. 45. On trouve également dans *Aristoteles*, De coelo [G], lib. II, cap. 14, la variation dans l'inclinaison de la sphère, à mesure qu'on marche dans le sens sud-nord. En Lybie, la sphère est droite, dit *Lucain* (Pharsalia [L], lib. IX, v. 533). Au contraire, au solstice d'été, le Soleil ne se couche pas pour les Lestrigons (*Homerus*, Odyssea [G], lib. XX, v. 82). De ces différences résultent les diversités observées dans la projection des ombres (*Lucanus*, Pharsalia [L], lib. III, v. 247). Les termes amphisciens, hétérosciens, périsciens, sont dans Ptolemaeus, MCo, lib. II, cap. 6.

Les anciens calculaient les coordonnées des étoiles de proche en proche, à l'aide de leurs distances mutuelles, comme on le verra au chap. XXVII. La réduction de ces distances est donc l'opération fondamentale, lorsqu'on veut se servir d'anciennes observations. On peut voir à ce sujet :

934. *Burckhardt, J. K.* Neue Methode die alten Distanzen-Beobachtungen zu reduciren. MCz, II, 1800, 167.

Ce problème a été traité ensuite par *C. G. J. Jacobi* (JfM, II, 1827, 345), *J. A. Grumert* (ANn, XII, 1835, 105) et *J. P. Wolfers* (ANn, XIII, 1836, 61).

La méthode des alignements était aussi employée, mais elle n'était susceptible que d'une précision moindre. Le calcul des positions d'après les alignements est donné dans :

955. Olbers, W. Den Ort eines Gestirns aus beobachteten Alignements zu finden BaJ, 1822, 251.

Une grande difficulté, pour les anciens, était de rapporter le Soleil aux étoiles. *Ptolémée* prenait de jour, à l'astrolabe, des distances du Soleil à la Lune, puis plus tard des distances de la Lune à Regulus, α Leonis (Ptolemaeus, MCo, lib. VII, cap. 2).

Pour les modernes, l'opération délicate est de rapporter correctement les ascensions droites à l'équinoxe, qui est un point idéal, que l'on ne voit pas. Flamsteed, His, III, 1725, proleg, 156; Le Monnier, His, 1741, lxxxv, et La Caille, AFa, 1757, 221, 225, déterminaient l'ascension droite du colure par les passages du Soleil, au printemps et en automne, dans le parallèle d'étoiles de déclinaisons connues. *Maskelyne* fixa directement par les déclinaisons du Soleil dans le voisinage de l'équinoxe, l'instant où l'astre passait par le point vernal, et en tira l'ascension droite absolue de α Aquilae, observée le même jour, et par là les ascensions droites de toutes les étoiles (Lalande, Ast_3, I, 1792, 295). Voyez en outre :

956. *Bürg, J. T.* ... Ueber die absolute Ascension des α Aquilae. MCz, XI, 1805, 197.

L'équinoxe pour 1865,0 a été déterminé par *Nyrén* à l'aide des observations de Poulkova :

957. Nyrén, M. Das Aequinoctium für 1865,0 abgeleitet aus den am Passageninstrumente und am Vertikalkreise in den Jahren 1861-1870 in Pulkowa angestellten Sonnenbeobachtungen. Pétersbourg, Mem, XXIII, 1876, n° 5.

Ce mémoire renferme la détermination absolue la plus récente du zéro des ascensions droites qui ait été exécutée.

Dans les déductions tirées des observations du Soleil, faites à Greenwich chaque année, une page des « Results » placés à la fin du volume annuel des Greenwich, Obs, donne la correction du zéro admis des ascensions droites. Voir l'indication placée plus loin, à la fin de notre § 84.

Aujourd'hui les coordonnées des étoiles sont rapportées en ascensions droites et déclinaisons. Les anciens donnaient toujours les longitudes et latitudes, et cet usage s'est perpétué d'une manière presque générale jusqu'à *Hevelius*. Cependant *Aboul Hhassan*, en l'an 1230, avait déjà donné un premier catalogue rapporté à l'équateur, et avait ainsi ouvert la voie à la méthode moderne (*Aboul Hhassan,* Traité des instruments astronomiques traduit par *J. J. Sédillot;* 2 vol. 4°, Paris ; vol. I, 1834, p. 191, 276).

La conversion des longitudes et latitudes en ascensions droites et déclinaisons, ou réciproquement, forme une des opérations les plus fréquentes dans le calcul des éphémérides et la réduction des observations. Les formules pour cet objet sont exposées dans tous les traités. Il faut citer toutefois :

938. Robertson, A. Demonstrations of Maskelyne's formulae for finding the longitude and latitude of a celestial object from its right ascension and declination, and for finding its right ascension and declination from its longitude and latitude, the obliquity of ecliptic being given. London, PTr, 1817, 138.

939. Le Verrier, U. J. Des coordonnées astronomiques. Paris, MOb, I, 1855, 156.

On a donné des tables pour abréger cette conversion. Il faut indiquer en premier lieu celles de

940. Encke, J. F. Allgemeine Tafeln zur Verwandlung der Länge und Breite in gerade Aufsteigung und Abweichung, und umgekehrt. Berlin, BaJ, 1856, 335.

Dans le voisinage de l'écliptique, la réduction est plus facile, et l'on peut rendre les tables très-expéditives. Les tables de *Mädler* vont jusqu'à 6° de latitude :

941. Mädler, J H. Tafeln zur Verwandlung der Rectascension und Declination in Länge und Breite. Dorpat, Beo, X, 1842, 98.

Celles de *Pilgram* s'étendent jusqu'à la déclinaison de 34° :

942. Pilgram, A. Tabulae astronomicae ex ascensionibus rectis et declinationibus supputandi longitudines et latitudines planetarum et fixarum. EpV, 1783.

§ 77. PROBLÈMES D'ASTRONOMIE SPHÉRIQUE.

On a traité un grand nombre de problèmes concernant soit les relations des coordonnées sur l'horizon avec celles qui se rapportent à l'équateur, soit les variations plus ou moins rapides des coordonnées relatives à l'horizon. Dans cette seconde catégorie se rangent les problèmes résolus par *Kies* (Berlin, H&M, 1752, 233) et par Gregorio *Fontana* (Atti dell' Accademia delle scienze di Siena detta de' Fisiocritici, 4°, Siena; vol. V, 1774, p. 55). Dans la première rentre le travail de *Gauss*, Ueber eine Aufgabe der sphärischen Astronomie. (MCz XVIII, 1808, 277; reproduit dans Gauss, Wrk, VI, 1874, 129).

Le problème de déterminer le point de son cercle diurne dans lequel un astre se meut le plus rapidement en hauteur, a été traité par

Aubert, A., dans **London, PTr, 1776, 92.**

Boscovich, Opa, IV, 1785, 376.

Cagnoli, A., Traité de trigonométrie, ch. XXIII, n° 1652; traduction par *Chompré,* 4°, Paris, 1786, p. 442; éd. de 1808, p. 481.

Duséjour, TaM, I, 1786, 616.

On trouvera du reste, dans les traités d'Astronomie sphérique, indiqués précédemment au § 72, la plupart des problèmes auxquels les relations des coordonnées sphériques entre elles peuvent donner lieu, et certainement tous ceux qui sont d'une utilité courante.

§ 78. GNOMONIQUE.

Le gnomon était employé par les Chinois au XIIe siècle avant notre ère (*Gaubil* dans les Lettres édifiantes et curieuses, nouv. édit., 26 vol. 12°, Paris; vol. XXVI, 1783, p. 142. Comparez *Souciet,* Obs, I, 1729, 3; II, 1732, 5, 8, 21). Il y avait des gnomons dans l'ancienne Égypte (*Goguet,* L'origine des lois, 3 vol. 4°, Paris, 1758, vol, II, p. 250); il en existait au Pérou (*Garcilasso de la Vega,* Primera parte de los comentarios reales, fol., Lisboa, 1609; lib. II, cap. 22). Les Quichuens ou Péruviens élevaient autour de leurs temples des colonnes servant à l'examen de l'ombre (*Acosta, d',* Historia natural y moral de las Indias, Barcelona, 1590; lib. V). On peut donc regarder l'usage du gnomon comme un de ceux qui s'établissent naturellement, dans les sociétés primitives.

Les Grecs s'en servaient, et Pythéas en fit usage à Byzance et à Marseille, au — IVe siècle, pour mesurer les hauteurs solstitiales du Soleil (*Strabo,* Res geographicae [G], lib. III, cap. 4, 5; **Ptolemaeus, MCo, lib. XII, cap. 6**). Quelques années avant l'origine de notre ère, Manlius profita de l'obélisque apporté d'Égypte et élevé au Champ de Mars à Rome, pour en faire un gnomon, lequel avait 34^m,3 de hauteur (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. XXXVI, cap. 9, 10, 11; *Bandini,* Dell' obelisco di Cesare Augusto, fol., Roma, 1750). On sait que cet obélisque fut plus tard renversé et brisé en tronçons.

Ces gnomons monumentaux avaient un grave inconvénient : l'ombre du sommet était mal définie, surtout lorsque cette ombre était projetée au loin. Au XIIIe siècle, les Persans imaginèrent les gnomons à trous, qu'ils ont fait connaître aux Chinois (*Biot, J. B.,* Traité d'Astronomie physique, 3e éd., 5 vol. 8°, Paris; vol. I, 1841, p. 61).

L'emploi des gnomons, définissant le rayon solaire sur la méridienne, a été plus utile aux recherches positives qu'on ne le suppose généralement. Les méridiennes de grande dimension étaient, à la renaissance de l'Astronomie, de véritables instruments

de précision. On n'avait pas de meilleur moyen de mesurer les déclinaisons du Soleil, ni d'apprécier les variations de l'obliquité de l'écliptique. On n'avait même pas de moyen plus exact de déterminer l'heure absolue. Aussi ces premiers instruments méritent-ils quelques lignes de souvenir.

La plus ancienne méridienne, dans nos monuments, paraît avoir été celle de San Giovanni [Saint-Jean] de Florence, dont Villani, mort en 1348, parlait déjà comme ayant existé longtemps (*Villani,* Storia [fiorentina] alla sua vera lezione, lib. I, cap. 60; p. 40 de l'édit. 4°, Fiorenza, 1587).

On a ensuite, dans l'ordre chronologique où les méridiennes ont été établies :

Florence, Cathédrale, par *P. Toscanelli,* vers 1467; hauteur 90^m,2. (*Ximenez,* Del vecchio e nuovo gnomone fiorentino, 4°, Firenze, 1757).

Bologne, Église St-Pétrone, par *E. Danti,* en 1575 ou 1576; hauteur 21^m,8 (Riccioli, Alm, I, 1651, 131). En 1695, *J. D. Cassini* porte la hauteur à 27^m,1 (*Cassini, J. D.,* La meridiana del tiempo di S. Petronio tirata e preparata per le osservazioni astronomiche l'anno 1655, rivista e restaurata l'anno 1695, fol., Bologna, 1695. — Voyez aussi *Cassini, J. D.,* Observation sur la méridienne tracée à St-Pétrone à Bologne [1695], dans Paris, His, II, 1733, 263). Cette méridienne a été décrite plus tard par *E. Manfredi* (De novissima meridiana linea quae Bononiae in Divi Petronii exstat, dans Bononia, Cii, I, 1731, 539; com. 238); et par *E. Zanotti* (La meridiana del tiempo di San Petronio rinnovata l'anno 1776, si aggiunge la ristampa del libro publicato l'anno 1695, sopra la ristaurazione della meridiana; fol., Bologna, 1779). C'est cette méridienne de Bologne qui a servi à *J. D. Cassini* pour refaire la théorie des mouvements du Soleil.

Marseille, Collége de l'Oratoire, par *P. Gassendi,* en 1636; hauteur 16^m,8 (Gassendi, Opa, IV, éd, 1658, 525; IV, éd. 1727, 565).

Breslau, par *Henry,* milieu du XVIIe siècle; hauteur 11^m,4 (MSS de *J. N. De l'Isle* cités dans Lalande, Ast_3, II, 1792, 568).

Paris, Grande salle de l'Observatoire, par *J. Picard,* en 1669; hauteur 9^m,9. Refaite par *J. Cassini* en 1730 (*J. Cassini,* Sur la méridienne de l'Observatoire de Paris, dans Paris, H & M, 1732, 452).

Rome, Thermes de Dioclétien, par *F. Bianchini,* en 1701; hauteur de la méridienne du sud 20^m,3, de celle du nord 24^m,4 (*Bianchini,* De kalendario et cyclo Caesaris, fol., Romae, 1703, à la fin : Enarratio de gnomone Clementis. Voir aussi *Bianchini,* Relazione della linea meridiana orizzontale e dell' ellissi polare fabbricata in Roma l'anno 1702; dans ses Dissertazioni di vario genere, fol., Roma, 1703. Et encore : *F. Bianchini,* Observationes selectae astronomicae et geographicae, cura et studio *E. Manfredii,* fol. Veronae, 1737).

Paris, Église St-Sulpice, par *Sully,* horloger, en 1727; hauteur 26^{m},0; refaite en 1743 par *Le Monnier,* qui plaça un objectif dans l'ouverture gnomonique. (*Le Monnier, P. C.*, construction d'un obélisque à l'extrémité septentrionale de la méridienne de l'église St-Sulpice, dans Paris, H & M, 1743, 361, his, 142.

Milan, Cathédrale, par *De Cesaris* et *Reggio,* en 1786; hauteur 23^{m},7 (*De Cesaris,* De linea meridiana descripta in templo maximo Mediolani anno 1786 commentarius, dans EpM, 1788, 123).

Les méridiennes ne donnent l'heure qu'à midi. Pour les usages civils, il fallait ajouter des lignes horaires. Si l'on s'en rapportait à *Hérodote* (Historia [G], lib. II, cap. 109), les cadrans solaires auraient été inventés par les Babyloniens. On leur a fait subir avec le temps différentes modifications. Le cadran équinoxial, composé d'une tablette en forme de tuile, faisant un angle aigu avec l'horizon, était en usage en Égypte (*Plutarchus,* De oraculorum defectu [G], cap. 3). Au rapport de *Vitruve* (De architectura [L], lib. IX, cap. 9). *Bérose,* dans le — IIIe siècle, imagina de recevoir l'ombre sur un demi-cercle concave et incliné.

Les cadrans solaires furent importés dans la Grèce, lorsque la civilisation y eut fait des progrès. D'après la tradition ce serait *Anaximandre,* vers — 580, qui aurait introduit à Sparte le cadran solaire avec gnomon (*Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus philosophorum clarorum [G], lib. II, cap. 11). A Athènes, le premier cadran fut placé dans le pnyx en — 434. A Rome il n'y en eut point avant — 290, époque où Papirius Cursor en fit installer un qu'il avait enlevé aux Samnites (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 60; *Censorius,* De die natali [L], cap. 23). Environ cent ans plus tard, pendant la seconde guerre punique, Valerius Messala rapporta de Catane, en Sicile, un cadran construit pour cette latitude, inférieure de $4\frac{1}{2}$° à celle de Rome, et le fit placer en dépit de cette différence, dans le Forum, près de la tribune aux harangues. Ce ne fut qu'en — 164 que Q. Martius Philippus fit construire le premier cadran qui ait été dressé pour Rome même. Voyez sur ces dates [*Van Beek Calkoen*], Dissertatio mathematico-antiquaria de horologiis veterum sciothericis; 8°, Amstelodami, 1797.

Indépendamment de cette Dissertation, on trouvera des détails sur la gnomonique des anciens, dans:

943. Martini, G. H. Abhandlungen von den Sonnenuhren der Alten; 8°, Leipzig, 1777.

On verra en outre, avec intérêt, la description et le dessin du cadran antique des Romains, tel qu'on a trouvé cet instrument à Herculanum :

944. Boscovich, R. G. ... D'un antico orologio a Sole e di alcune altre rarità, dans le Giornale de' letterati, 8°, Roma; année 1746.

Voyez sur ce cadran :

Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, 1751; au mot « Gnomonique. »

Leroy, J. D. Les ruines des plus beaux monuments de la Grèce; 2 tom. en 1 vol. fol., Paris, 1758.

[*Bajardi, O. A.*] Le antichita di Ercolano, esposte con quelche spiegazione, 9 vol. fol., Napoli; vol. III, 1762, pref.

On a également trouvé à Pompeï un cadran à hémisphère creux, dont on lira la description dans :

945. **Quadranta, B.** L'orologio a Sole di Beroso scoperte in Pompei addi xxiij di settembre 1854; fol., Napoli, 1854.

L'histoire des cadrans solaires a été faite, sous le titre de « Histoire des instruments horaires, » par

946. **Saunier.** Le temps, 8°, Paris, 1858, p. 101.

Le nombre des traités de gnomonique est fort considérable. On trouvera les plus anciens auteurs sur cette branche de l'Astronomie, indiqués dans l'ouvrage :

947. **Alexandre, J.** Traité général des horloges; 8°, Paris, 1734.

Il y a dans ce volume un traité des horloges solaires, et p. 47 un catalogue des auteurs qui ont écrit sur la gnomonique. Ce catalogue est extrait de l'article « De metheoroscopiis et quadrantibus, » qui fait partie de l'Astronomia dans les Pandectae de *Gesner*[*us*], fol., Tiguri, 1548.

On peut partager les traités de gnomonique en plusieurs groupes. Il y a d'abord des manuels ou éléments, à l'usage des amateurs et des personnes peu versées dans les mathématiques. Voici les principaux de ces ouvrages :

948. **Ozanam, J.** Traité de gnomonique pour la construction des cadrans sur toutes sortes de plans [de surfaces]; 12°, Paris, 1673. — Réimpr. avec des développements successifs : 12°, Paris, 1685; 8°, Paris, 1746.

Les problèmes de gnomonique sont aussi insérés au tome I des Récréations mathématiques d'*Ozanam*, 2 vol. 8°, Paris, 1694; puis 1696, 1700. Cet ouvrage a été refondu d'abord par *Grandin*, 4 vol. 8°, Paris, 1720, 1725, 1735; puis par *Montucla*, 4 vol. 8°, Paris, 1778, 1790.

949. **Deparcieux, A.** Traité de gnomonique, à la fin de son ouvrage intitulé: Nouveaux traités de trigonométrie rectiligne et sphérique; 4°, Paris, 1741.

950. **Rivard, D. F.** La Gnomonique ou l'art de faire des cadrans; 8°, Paris, 1742. — Réimpr., 8°, Paris, 1746; 8°, Paris, 1767.

951. **Celles, F. Bedos de.** La gnomonique pratique, ou l'art de tracer les cadrans solaires; 8°, Paris, 1760. — 2e édit. augmentée, 8°, Paris, 1774.

Cet ouvrage est un des traités de gnomonique les plus répandus, et les plus appréciés des amateurs de cadrans solaires.

952. **Eberhard, J, P.** Neue Beyträge zur Mathesi adplicata; 8°, Halle, 1773.

A la fin se trouvent de bons éléments de gnomonique.

953. **Lalande, J. J. de,** article « Cadran, » dans l'Encyclopédie méthodique (voir plus haut § 40, n° 221), 1786.

954. **Littrow, J. J.** Gnomonik, oder Anleitung zur Verfertigung aller Arten von Sonnenuhren; 8°, Wien, 1831. — 2e édit., 8°, Wien, 1839.

955. **Sternheim, H.** Populäre Gnomonik, oder Constructionen der gebräuchlichsten Arten von Sonnenuhren mit Thierkreislinien und Beleuchtungsscalen; 8°, Weimar, 1835. — Réimpr., 8°, Weimar, 1842.

956. **Boutereau, C.** Nouveau manuel complet de gnomonique élémentaire, ou méthode simple et facile de tracer les cadrans solaires, 18°, Paris, 1845.

Dans la collection de Manuels de *Roret.*

957. **Mahistre, A.** L'art de tracer les cadrans solaires, à l'usage des instituteurs et des personnes qui savent manier la règle et le compas; 18°, Paris, 1860? — Réédité, 18°, Paris, 1864; 18°, Paris, 1880.

Instructions élémentaires de 32 pages.

En second lieu, il y a des traités plus ou moins complets, dans lesquels les méthodes, tant géométriques qu'analytiques, sont exposées en détail. Parmi ces grands ouvrages de gnomonique, nous mentionnerons les suivants, qui sont les plus importants ou les plus célèbres :

958. **Munster[us], S.** Compositio horologiorum in plano, muro, truncis, annulo, cylindro, et variis quadrantibus; 4°, Basileae, 1531. — 2e édit. augmentée, sous le titre : Horologiographia, 4°, Basileae, 1532; 3e édit. revue, 4°, Basileae, 1533.

L'auteur a incorporé cet ouvrage dans la seconde partie de ses Rudimenta mathematica, fol., Basileae, 1551.

959. **Commandin[us], F.** Liber de horologiorum descriptione; 4°, Romae, 1562.

Impression de Paul Manuce. Cet excellent traité de gnomonique est publié à la suite du *Ptolemaeus,* De analemmatae, de *Commandin.* Il y a des exemplaires à part, 4°, Venetiis, 1562.

960. **Clavius, C.** Gnomonices libri octo, in quibus non solum horologiorum solarium, sed aliarum quoque rerum quae ex gnomonis umbra cognosci possunt, descriptiones geometrice demonstrantur; fol., Romae, 1581.

Se retrouve dans ses « Opera, » vol. IV. C'est le plus grand ouvrage existant sur la gnomonique, livre qu'on pourrait regarder comme une encyclopédie de sciathérique

961. **Sainte-Marie-Madeleine, P. de.** Traité d'horlogiographie, contenant plusieurs manières de construire sur toutes surfaces toutes sortes de lignes horaires, et autres cercles de la sphère; 8°, Paris, 1641. — Réimpr., toujours 8°, Paris, 1645, 1657, 1663, 1680.

Traité étendu et assez complet.

962. **Stengel, J. P.** Gnomonica universalis, oder aussführliche Beschreibung der Sonnen-Uhren; 8°, Augspurg, 1675. — Réimpr., 8°, Ulm, 1679; Ulm, 1710; Breslau, 1755.

Traduction.

963. Gnomonica universalis, sive praxis amplissima geometrice describendi horologia solaria, nunc latinitate donata; 8°, Ulmae, 1679. — Réimpr., 8°, Ulmae, 1680; 8°, Francoforti & Lipsiae, 1705; 8°, Ulmae, 1706; 8°, Francofurti, 1721.

964. **Lahire P. de.** La gnomonique, ou l'art de tracer les cadrans ou horloges solaires sur toutes sortes de surfaces; 12°, Paris, 1682. — Réimpr., 8°, Paris, 1698.

Traduction.

965. Gnomoniques, english by *J. Leek;* 8°, London, 1685.

966. **Cantoni, G.** Misura del tempo con le ore verticali per diverse elevazioni del polo artico; 4°, Torino, 1684.

Bon résumé de gnomonique, pour l'époque où ce livre a paru.

967. **[Richer, J.]** La gnomonique universelle ou la science de tracer des cadrans solaires sur toutes sortes de surfaces tant stables que mobiles; 8°, Paris, 1701.

968. Gauppens, J. Gnomonica universalis mechanica, allgemeine mechanische Sonnenuhrkunst; 4°, Augsburg, 1711. — Réimpr., 4°, Frankfurt, 1720.

Traité complet. On trouve dans cet ouvrage l'idée d'un cadran sous un toit; la lumière passant par une ouverture du toit vient marquer les heures sur un tableau. Un cadran de ce genre a été exécuté à Ingolstadt (*Zach & Bertuch*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. IV, 1799, p. 380), et un autre à Besançon (*Lalande, de,* Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803, p. 358).

969. Gruber, P. B. Horographia trigonometrica, seu methodus accuratissima arithmetice per sinus et tangentes horologia quaevis solaria in plano stabili qualitercumque situato, etiam declinante et simul inclinato, facili negotio describendi; 8°, Pragae, 1718.

970. Doppelmayr, J. G. Gründliche Anweisung zur Beschreibung grosser Sonnenuhren; fol., Nürnberg, 1719.

971. Castroni[us], B. M. Horographia universalis, seu sciathericorum omnium planorum, tum horizontalium, tum verticalium, tum inclinatorum, tum portatilium, gnomonice nova methodo describendorum; fol., Panormi, 1728.

Un des meilleurs traités de gnomonique du XVIII[e] siècle.

972. Penther, J. F. Gnomonica fundamentalis et mechanica, wie man allerhand Sonnen-Uhren, reguläre, irreguläre, mit Minuten und himmlische Zeichen...; fol., Augspurg, 1733.

973. Tulawski, J. Gnomonica facilitata, seu methodus arithmetica delineandi horologia regularia et irregularia per tabulas recte calculatas; 4°, Regiomonti, 1751. — Réimpr., 4°, Lipsiae, 1777.

974. Fester, D. C. Pratisk Anviisning til at ind före de almindelige timer i horizontale, verticale, orientale, occidentale, polare, og aequinoctiale soelskiver; 4°, Kiöbenhavn, 1765.

Avec des tables gnomoniques pour les latitudes du Danemark.

975. Garnier, J. B. Gnomonique mise à la portée de tout le monde; 8°, Marseille (aussi Paris), 1773.

Avec des tables fort développées applicables aux latitudes entre 43° et 51°.

976. Krzyzamwski, P. Gnomonika mvazana jakowstep do Astronomii; 8°, Krakowie, 1820.

977. [Karczewski, W]. Gnomonika rysunkowa czyli łatwy i prosty sposób rysowania kompasow bez żadnego rachunku; 8°, Krakowie, 1825.

978. Cerchiari, G. Trattato grafico-analitico de gnomonica; 4°, Imola, 1835.

Bon traité, accompagné de tables numériques.

979. Ferchel, J. Praktische Sonnenuhren-Kunst für jedermann, oder Anleitung zur Verfertigung von Sonnenuhren an Gebäuden; neue vermehrte Ausgabe, 8°, Passau, 1849.

Angles des lignes horaires calculés de quart d'heure en quart d'heure, et pour les latitudes 44° à 46° de 10 minutes en 10 minutes.

980. Göring, H. Die Sonnenuhr, oder praktische Anleitung die Zeit zu bestimmen, Sonnenuhren zu construiren; 8°, Arnsberg, 1864.

Avec des tables pour les latitudes 44° à 55°.

La gnomonique est traitée, bien que parfois d'une manière incidente, dans la plupart des traités didactiques d'Astronomie. La gnomonique analytique a fait l'objet spécial des recherches de plusieurs mathématiciens, parmi lesquels nous nommerons :

981. [Duséjour, D.] Recherches sur la gnomonique; 8°, Paris, 1761.

982. Kaestner, A G. Gnomonica universalis analytica, dans ses Dissertationes mathematicae et physicae; 4°, Altenburgi, 1771.

Ce traité de *Kaestner* était une nouvelle édition revue de sa Gnomonica analytica, 4°, Lipsiae, 1754.

983. Lambert, J. H. Beyträge zur Mathematik und deren Anwendung, 5 vol. 8°, Berlin; vol. III, 1772.

984. Castillon, F. A. M. G. de. Sur la gnomonique. Berlin, Mem$_1$, 1784, 259.

985. Duséjour, TaM, I, 1786, 705.

986. Grunert, A. J. Gnomonik für jede beliebige Ebene im Raume, mit Rücksicht auf die Anwendung der neueren Geometrie zur Ausführung gnomonischer Constructionen. AdM, XXXVI, 1861, 101.

La gnomonique, considérée comme branche de l'art graphique, a pris une forme systématique et vraiment scientifique, entre les mains de *Monge* (Leçons de géométrie descriptive, 8°, Paris, an III [1795]).

Nous ajouterons à ce point de vue les mentions suivantes :

987. **Mollet, J.** Gnomonique graphique, ou méthode simple et facile pour tracer les cadrans solaires sur toutes sortes de plans et sur les surfaces de la sphère et du cylindre droit; 8°, Paris, 1820. — Réimpr. souvent : 6° édit., 8°, Paris, 1865.

988. **Born.** Gnomonique graphique et analytique, ou l'art de tracer les cadrans solaires; 8°, Paris, 1846.

989. **Olivier, T.** Application de la géométrie descriptive à la gnomonique, dans ses Applications de la géométrie descriptive; texte 8° et atlas 4°, Paris, 1847.

§ 79. DÉTERMINATION DE L'HEURE.

On trouvera dans les traités généraux les meilleurs moyens d'avoir l'heure. Ces moyens ne se sont développés que par degrés. Les observations méridiennes sont modernes : il en sera question au chap. XXVII. Nous ne considérerons ici que les méthodes usitées en dehors des observatoires fixes et réguliers.

Les hauteurs correspondantes étaient employées par les anciens dans le tracé de leurs méridiennes. *Proclus*, par exemple, décrit ce procédé (Paraphrasis in Ptolemaei libros de siderum effectionibus, voir § 55, n° 492). On trouvera dans l'ouvrage ci-dessous les moyens dont les anciens se servaient pour prendre l'heure aux étoiles :

990. **Bremiker, H.** De temporis e stellarum observationibus definiendi ratione apud veteres usitatissima; 4°, Berlin, 1856.

Le procédé le plus usité consistait à prendre à l'astrolabe, et plus tard au quart de cercle, des hauteurs absolues. En 1673 *Picard* fit revivre la méthode des hauteurs correspondantes (*Delambre*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris, 1821 ; vol. II, p. 627). Cette méthode a été développée par

991. **La Caille, dans Paris, H & M, 1741, 242 ;**

et

992. **La Caille, AFa, 1757, 117.**

On peut varier les circonstances dans lesquelles on l'applique. Il s'en trouve des exemples dans les mémoires ci-dessous :

993. **Aubert, A.** A new method of finding time by equal altitudes. **London, PTr, 1776, 92.**

L'auteur choisit, pour les hauteurs correspondantes, une circompolaire qui culmine non loin du zénith. On abrège l'intervalle des observations en prenant les hauteurs correspondantes de deux étoiles différentes, ainsi que l'établit :

994. **Zinger, N.** O predelenie wremeni po soot wetst wujuschtschim wyssotam raslitschnich swesd; 8°, Sankt Peterbourg, 1874.

Traduction.

995. Zeilbestimmung aus correspondirenden Höhen verschiedener Sterne, aus dem Russischen übersetzt von *H. Kelchner;* 8° Leipzig, 1877.

Il y a des tables pour la correction des hauteurs correspondantes, par

996. **La Hire, P. de**, dans Paris, H & M, 1702, 78.

997. **La Caille, N. L. de.** Éphémérides des mouvements célestes depuis 1745 jusqu'en 1754, 4°, Paris; formant le tome IV de cette publication.

998. **Schenmark, N.** Taffor hvarigenom man til kvad latitude som ästundas, kan finna middags-correction. Stockholm, Hdl_1, 1752, 291.

Ces dernières fournissent la correction du midi sous toutes les latitudes.

999. **Schubert, F. T.** Tables de la correction du midi. Petersbourg, MAc, VIII, 1822, 220.

A la méthode des hauteurs correspondantes se rattache celle des azimuths correspondants, sur laquelle on peut voir :

1000. **Radau, R.** Méthode des azimuths correspondants. ANn, LIII, 1860, 14.

La détermination de l'heure peut encore se faire par différentes méthodes particulières. Nous indiquerons seulement, à ce sujet :

1001. **Lambert, J. H.** Zur Bestimmung der Zeit wenn zwey Sterne in gleichen Vertikalkreise kommen. BaJ, 1789, 213.

Par deux étoiles dans le même vertical.

1002. **Littrow, C. L. von.** Ueber ein Mittel, die Breitenbestimmung zu erleichten und zugleich näherungsweise die Zeit zu bestimmen. Wien, Ann_2, I, 1841, xlix.

Auquel on joindra :

1003. **Littrow, C. L. von.** Ueber die Methode der Längenbestimmung durch

Differenzen von Circummeridianhöhen und deren Anwendung während der Weltumsegelung S. M. Fregatte Novara. Wien, Stz, XLVII, 1863, 394.

Détermination de l'heure par le changement de hauteur de l'astre dans un temps donné.

Enfin on pourra consulter les articles suivants, qui traitent de la détermination de l'heure d'une manière plus générale :

1004. Bernouilli, D. Recherches méchaniques et astronomiques sur la meilleure manière de trouver l'heure en mer. Paris, Rec, VI, 1747, 79.

1005. Klügel, A. Formeln für die astronomischen Zeitbestimmungen. BaJ, 1796, 144.

1006. Littrow, J. J. Ein Beitrag zu den verschiedenen Methoden der Zeitbestimmung. ZfA, V, 1818, 333.

1007. Melde, F. Theorie und Praxis der astronomischen Zeitbestimmung; 8°, Tübingen. 1876.

Réimprimé du Zeitschrift der oesterreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 8°, Wien; vol. XI, 1876, p. 112.

Nous ajouterons aussi les tables :

1008. Bertelsmann, K. Tafeln zur Zeitbestimmung aus beobachteten Sonnen- oder Sternhöhen; 4°, Bielefeld, 1854.

Tout ce que nous venons de dire se rapporte aux moyens de déterminer l'heure à un instant donné. Après avoir obtenu le temps, il s'agit de le conserver, au moins pendant une certaine durée. C'est là un problème tout différent, du ressort de la mécanique plutôt que de l'Astronomie. Nous en parlerons au chap. XXVII.

§ 80. DÉTERMINATIONS GÉOGRAPHIQUES EN GÉNÉRAL.

Au rapport de Ptolémée, ce fut *Eudoxe* de Cnide qui, au — IVe siècle, introduisit dans la géographie l'emploi des observations astronomiques (*Ptolemaeus,* Geographia [G], lib. I).

Nous parlerons en leur lieu des principales méthodes particulières, applicables à la détermination des latitudes ou des longitudes. Nous commencerons par indiquer ici quelques ouvrages généraux :

1009. Schubert, F. T. Anleitung zur astronomischen Bestimmung der Länge und Breite; 4°, St-Petersburg, 1803. — 2e éd., 1803; 3e éd., 1818.

Traduction.

1010. Roukowdstwo ki astronomitscheskimi nabliadeniiami, pereweli *S. Roumowsky;* 8°, Sankt Peterbourg, 1803. — 2° éd., 1803.

1011. **Struve, F. G. W.** Anwendung des Durchgangsinstruments für die geographische Ortsbestimmung; 8°, St. Petersburg, 1833.

Traduction.

1012. Sur l'emploi de l'instrument des passages pour la détermination des positions géographiques (par *A. Schyanoff*); 4°, Saint-Pétersbourg, 1838.

1013. **Mädler, J. H.** Die verschiedenen Methoden der geographischen Ortsbestimmung.

Dans *Cotta,* Deutscher Vierteljahrsschrift, 1843. — Reproduit dans *Mädler,* Reden und Abhandlungen, 8°, Berlin, 1870; p. 23.

1014. **Sawitsch, A.** Prilojenie praktitscheskoy Astronomii ki geographitscheskomou opredileniya misti; 8°, Sankt-Peterbourg, 1845. — 2e éd., 2 vol. 8°, 1868-1871.

Traduction.

1015. Abriss der practischen Astronomie, vorzüglich in ihrer Anwendung auf geographische Ortsbestimmung, uebersetzt von *W. C. Goetze;* 2 vol. 8°, Hamburg, 1850-1851. — Autre traduction, sur la 2e éd., par *C. F. W. Peters;* 8°, Leipzig, 1879.

1016. **Valentiner, W.** Beiträge zur kürzesten und zweckmässigsten Behandlung geographischer Ortsbestimmungen; 4°, Leipzig, 1869.

1017. **Albrecht, T.** Formeln und Hülfstafeln für geographische Ortsbestimmungen; 4°, Leipzig, 1874.

1018. **Foerster, W., Peters, C. H. F. & Weiss, E.** Anleitung zur astronomischen Beobachtungen auf Reisen; 3 Abth. 8°, Berlin, 1875.

1019. **Tietjen, F.** Geographische Ortsbestimmung,

Dans *Neumayer, G.,* Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 8°, Berlin, 1875; p. 19.

§ 81. DÉTERMINATION DE LA LATITUDE.

Les anciens jugeaient de la latitude par les hauteurs de la petite Ourse (*Lucanus,* Pharsalia [L], lib. VIII, v. 176). C'était le début de la méthode des hauteurs méridiennes, qu'on peut regarder comme le procédé fondamental pour les latitudes. Parmi ces hauteurs, celles du Soleil, aux deux solstices, ont eu longtemps la préférence des astronomes, qui les observaient au gnomon.

Lorsqu'on a cherché une plus grande précision, on a vu qu'il était facile de prendre plusieurs hauteurs d'un astre, dans le voisinage de sa culmination. La première table du « changement de hauteur près du méridien, » a été insérée, vraisemblablement par *Lalande,* dans la CdT, 1760, 150.

Tous les traités donnent les formules pour cette correction. Mais lorsque l'astre a un mouvement en déclinaison, ces formules se compliquent. Nous indiquerons ici :

1020. Bessel, F. W. Reduction von Circummeridianhöhen des Mondes. Königsberg, Beo, III, 1817, x. — Reproduit, Bessel, Abh, III, 1876, 300.

Mentionnons encore :

1021. Åstrand, J. J. Ueber die Polhöhenbestimmung durch circummeridiane Beobachtungen mittelst des Passageninstruments. ANn, LXI, 1864, 197.

Parmi les procédés particuliers pour la détermination de la latitude, il suffira de rappeler les plus usités, et ceux qui constituent des méthodes vraiment distinctes.

La polaire offrait des avantages marqués. Jacques *Cassini* donne des tables pour l'observer dans toutes les parties de son cours :

1022. Cassini, J. Tables de l'étoile polaire pour trouver à chaque jour de l'année son passage par le méridien, et à toutes les heures du jour sa déclinaison horizontale et la hauteur du pôle en tous les lieux de la Terre. Paris, His, VII, 1731, 572.

L'emploi de la polaire, dans toutes les parties de son cercle diurne, a été surtout rendu pratique par

1023. Littrow, J. J. Nouvelle méthode de déterminer la latitude par l'observation de l'étoile polaire en tout temps et dans toutes les positions de l'étoile. Cas, IV, 1820, 370.

1024. Littrow, J. J. Methode, die Breite durch Beobachtungen des Polaris ausser der Culmination zu bestimmen. ANn, I, 1823, 115.

La méthode connue sous le nom de *Douwes*, et qui consiste à prendre deux hauteurs hors du méridien, en notant le temps écoulé, avait déjà été proposée par

Nonius, De crepusculis, 4°, Olyssipone, 1542;

Hues, Tractatus de globis et eorum usu, 8°, Lugduni Batavorum, 1594;

Fatio de Duillier, Navigation improved, fol., London, 1728.

Mais elle ne se répandit qu'après avoir été développée dans :

1025. **Douwes, C. van.** Verhandeling om buiten den middag op see de waare middagsbreedte te vinden.

Dans les Verhandelingen uitgegeven door de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem, 8°, Haarlem; vol. I, 1754, p. 127.

Ce mémoire est accompagné de :

1026. **Douwes, C. van.** Zeemans-Tafelen,

dont une 2ᵉ édition, augmentée de plusieurs tables et d'articles sur l'Astronomie nautique par *Floryn, Calkoen & Nieuwland*, a été donnée, 8°, Amsterdam, 1800.

Les tables de *Douwes* proprement dites sont celles pour trouver la latitude par deux hauteurs.

On verra sur le même sujet :

1027. **Encke, J. F.** Ueber eine Erweiterung des Douwes'schen Problems. BaJ, 1859, 329.

Outre la latitude, il détermine l'azimuth.

C'est à l'observation des hauteurs de deux étoiles que se rapporte le travail de

1028. **Gauss, C. F.** Neue Methode, aus der Höhe zweier Sterne die Zeit und die Polhöhe zu bestimmen. BaJ, 1812, 129.

Et celui de

1029. **Littrow, J. J.** Aus der Höhe zweyer Sterne die Zeit und Polhöhe finden. BaJ, 1817, 135.

Le principe de différents procédés fondés sur des observations soit dans un même vertical, soit à égale hauteur, se trouve dans :

1030. **Lyons, I.** To find the latitude by observations in the azimuth or the almicantarat. NAl, 1778.

La détermination de la latitude par des passages dans le premier vertical est due à

1031. **Bessel, F. W.** Ueber die Bestimmung der Polhöhen-Unterschiede durch das Passageninstrument. **ANn, III, 1825, 9.** — Reproduit : **Bessel, Abh, I, 1875, 317.**

La première application fut faite à Heligoland par *Hansen* (**ANn. VI, 1828, 101**).

La mesure de la latitude par les observations d'étoiles dans l'azimuth de leur plus grande élongation, a été proposée, sous des formes un peu différentes, par

1032. **Liagre, J. B.** Méthode pour déterminer la latitude par les observations multiples d'une étoile, faites dans le voisinage de sa plus grande élongation. **Bruxelles, Bul_2, XXI, II, 1854, 658.**

Et par :

1033. **Babinet, J.** Determination de la latitude par les azimuths extrêmes de deux étoiles circompolaires. **Paris, Crh, XLII, 1856, 6.** — Traduit dans **London, MNt, XVII, 1857, 158.**

§ 82. LONGITUDES.

Les anciens n'avaient pour les longitudes que les éclipses. Nous en reparlerons au chap. XXIX. Le calcul des éclipses sujettes aux parallaxes, et celui des occultations, trouveront leur place dans le chapitre IV, relatif à l'Astronomie théorique, § 104 et 106.

Ce fut Amerigo *Vespucci,* le navigateur italien dont le nom a été donné au Nouveau Continent, qui en 1499 se servit le premier des occultations pour les longitudes (*Humboldt, A. de,* Examen critique de l'histoire de la géographie du Nouveau Continent, fol., Paris, 1834 ; p. 475).

L'un des plus anciens ouvrages dans lesquels la détermination des positions géographiques a été bien examinée, dans ses moyens pratiques, et d'un point de vue général, est celui de

1034. **Interiano, P. G.** Inventione del corso della longitudine di Paolo Genovese, col ristretto della sphera del medesimo; 4°, Lucca, 1551.

Nous allons mentionner successivement les diverses méthodes imaginées dans les temps modernes. Nous signalerons en passant un ouvrage dans lequel est traitée l'histoire des recherches sur les longitudes :

1035. **Hassenkamp, J. M.** Kurze Geschichte der Bemühungen die Meereslänge zu erfinden; 8°, Rinteln, 1769. — 2e éd., 8°, Lemgo, 1774.

A l'observation de la Lune éclipsée, se rattache la proposition de multiplier les instants notés, en inscrivant non-seulement l'arrivée ou le départ de l'ombre par rapport au limbe de l'astre, mais aussi par rapport aux différentes taches du disque. On trouve cette proposition dans :

1036. **Hell, M.** Methodus altera ex eclipsibus Lunae accuratam definire meridianorum differentiam. EpV, 1764, 201.

Mais cette méthode présentait trop d'indécision pour prendre place parmi les moyens vraiment pratiques.

On peut dire la même chose, à plus forte raison, de celle de *van Langren*, par l'éclairement et l'obscurcissement des taches durant le progrès de la lunaison. Il l'avait présentée dans :

1037. **Langrenus, M. F.** Tractatus de vera longitudine terra marique per observationem macularum lunarium, quando obscurantur vel illuminantur invenienda; 4°, Antuerpiae, 1644.

Amerigo *Vespucci* avait bien vu que c'était au déplacement de la Lune qu'il fallait s'adresser, à cause du cours plus rapide de cet astre, « el corso più leggier de la Luna » (*Canovai, S.*, Viaggi d'Amerigo Vespucci, con la vita, l'elogio e la dissertazione giustificativa di questo celebre navigatore, 8°, Firenze, 1817; p. 57).

Jean *Werner* donna une forme pratique à l'emploi des mouvements lunaires, en proposant de prendre des distances de la Lune aux étoiles (*Vernerus, J.*, In Ptolemaei geographiam annotationes; fol., Norimbergae, 1514; lib. I).

Ruy *Faliero* a indiqué, de son côté, vers 1515, une méthode d'ailleurs moins appropriée aux besoins de la navigation, les oppositions de la Lune et de Vénus (*Barros*, L'Asia portugueza, fol., Lisboa, 1563; tom. III, déc. III, lib. v, cap. 10).

La méthode des distances lunaires a été successivement préconisée dans les ouvrages suivants :

Apianus, Cosmographicus liber, 4°, Landishutae, 1524.

Gemma Phrysius, De principiis astronomiae et cosmographiae, 4°, Antuerpiae, 1530.

Dans le De usu globi (cap. 17 et 18), joint à cet ouvrage, il propose de prendre la distance au compas sur un globe.

Santbech, D., Problematum astronomicorum et geometricorum sectiones VII, 2a edit., fol., Basileae, 1561; à la fin : multiplices observationum geographicarum modi proponuntur.

Nonius, P., Opera, fol., Basileae, 1566; dans le traité Regulae et instrumenta artis navigandi.

Kepler, Tab, 1627, 37, 42.

Il préférait prendre les distances quand la Lune était au méridien.

Morinus, J. B., Longitudinum terrestrium et coelestium scientia, 9 part. en 1 vol. 4°, Parisiis, 1634-1639.

Il généralise la méthode, quel que soit l'angle horaire de la Lune, et calcule rigoureusement le triangle Lune-étoile-pôle.

Longomontanus, Astronomia danica, fol., Amstelodami, 1640; p. 318.

Cet astronome voulait à tort restreindre l'observation des distances lunaires, au moment où les cornes de l'astre sont verticales ou à peu près.

Halley, qui pendant son voyage à Ste-Hélène a observé des distances lunaires, avait eu l'idée de prendre les longitudes de la Lune à l'aide des appulses de cet astre auprès d'étoiles connues (*Street,* Astronomia carolina, 2nd edit. [par les soins de *Halley*], 4°, London, 1710; append., p. 67). On s'acheminait ainsi vers une détermination plus directe de l'ascension droite de l'astre.

La Caille apprécia également, pendant son voyage, l'importance de la méthode des distances lunaires. Il donna à ce sujet une instruction détaillée dans les

1038. Éphémérides des mouvements célestes, de 1755 à 1764, formant le tome IV de cette collection; 4°, Paris, 1755.

Maskelyne se trouva bien de cette méthode dans son voyage à Ste-Hélène, en 1761, et la recommanda dans son

1039. British Mariner's guide, 4°, London, 1763.

Borda fit de grands efforts pour vulgariser la méthode des distances lunaires. Il obtint, en 1771, qu'une expédition fût organisée pour donner l'exemple de son emploi :

1040. **Verdun de la Creune, Borda & Pingré.** Voyage fait par ordre du roi pour vérifier les méthodes de longitude; 2 vol. 4°, Paris, 1778.

Le nombre d'articles publiés sur les distances lunaires et sur les moyens de réduire la distance apparente à la distance vraie, est fort considérable. On se contentera d'indiquer, parmi les méthodes de calcul :

1041. **Maskelyne, N.** Concise rules for computing the effects of refraction and parallax in varying the apparent distance of the Moon from the Sun or a star. **London, PTr, 1764, 263.**

1042. **Dunthorne, R.** Method of finding the effects of refraction and parallax on lunar distances. **NAl, 1767**; addit. dans le vol. de 1772.

1043. Euler, L. De inventione longitudinis ex observata Lunae distantia a quadam stella fixa cognita. **Petropolis, Act, 1780, II, 301.**

1044. Swinden, J. H. van. Verhandeling over het bepaalen der lengte op zee, door de afstanden van de Maan tot de Zon, of vaste sterren; 8°, Amsterdam, 1789. — Réimpr. plusieurs fois, 4e éd., 1802; éd. revue par *C. Ekama,* 1824.

Longitude par les distances lunaires, avec les tables nécessaires.

1045. Bowditch, N. Method of correcting the apparent distance of the Moon from the Sun, or a star, for the effects of parallax and refraction. **Boston, Mem, IV, 1818, 50.**

1046. Plana, J. Explication de la méthode du capitaine Elford pour réduire en distances vraies les distances apparentes de la Lune au Soleil ou à une étoile. **Cas, VI, 1822, 339.**

1047. Bessel, F. W. Neue Berechnungsart für die Methode der Entfernung des Mondes von anderen Himmelskörpern. **Bessel, Unt, II, 1842, 266.** — Reproduit **Bessel, Abh, III, 1876, 434.**

1048. Rümker, C. Längenbestimmung durch den Mond, eine nautisch-astronomische Abhandlung; 8°, Hamburg, 1849.

Cet ouvrage est divisé en 4 parties (Abschnitte); la 1re traite des distances lunaires et la 4e des culminations de la Lune. La 2e et la 3e se rapportent aux occultations; nous les mentionnerons au chap. IV.

1049. Åstrand, J. J. Two short and easy methods for correcting lunar distances. **London, MNt, XXXIX, 1879, 425.**

1050. Israel, C. Reduction einer beobachteten Monddistanz auf den Mittelpunkt der Erde. **WfA, XXIV, 1881, 92.**

Les articles suivants donnent une idée comparative des diverses méthodes :

1051. *** A comparative view of the principal methods of correcting lunar observations, with a new construction.

Dans le Quarterly journal of science, literature, and the arts, 8°, London; vol. IX, 1820, p. 350.

1052. Encke, J. F. Die gewöhnlichsten Methoden der Seefahrer zu Reduktion der Monddistanzen. **BaJ, 1842, 307.**

Enfin, on citera parmi les tables les plus utiles :

1053. **Dunthorne, R.** Tables for calculating the effect of parallax in lunar distances. **NAl, 1767.**

1054. **Maskelyne, N.** Tables for clearing lunar distances. **NAl, 1772.**

1055. *** Tables for correcting the apparent distance of the Moon and a star from the effects of refraction and parallax, published by order of the Commissioners of Longitude; fol., Cambridge, 1772.

Mis au jour par les soins de *A. Shepherd.* Immense travail, formant un volume de 1200 pages. Les calculs ont été faits par *I. Lyons, T. Parkinson* et *T. Williams.*

1056. **Mendoza y Rios, J. de.** Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distanciás lunares; 4°, Madrid, 1795.

1057. **Kelly, P.** A practical introduction to spherics and nautical Astronomy, containing... the discovery of a projection for clearing the lunar distances, with a new method of calculating this important problem; 8°, London, 1796. — Éditions successives; la 5e, 1822.

1058. **Burckhardt, J. C.** Table des différences logarithmiques pour faciliter le calcul des distances lunaires. **CdT, 1820, 162.**

1059. **Norie, J. W.** A set of lunar tables for correcting the apparent distance of the Moon from the Sun or a fixed star for the effect of refraction, to which are added tables for parallax, and rules for computing the true distance; 8°, London, 1820.

1060. **Åstrand, J. J.** Ny tabell fôr lunar distansers corrigerande; 4°, Gôteborg, 1845.

Les premières distances lunaires calculées à l'avance dans des éphémérides furent insérées par *Maskelyne.* dans le Nautical Almanac, pour l'année 1767. Elles étaient données de 5^h en 5^h, comme elles le sont encore aujourd'hui. En 1774 *Lalande* les introduisit dans la Connaissance des temps.

Ce sont les distances du Nautical Almanac qui servent à reporter à d'autres méridiens, les distances données dans les diverses éphémérides. Chaque volume annuel du NAl contient plus de douze mille distances calculées. Ce travail énorme, qui a été précieux dans son temps, est aujourd'hui disproportionné avec l'utilité qu'on en retire. Les navigateurs ne se servent plus en mer que du chronomètre, et depuis un certain nombre d'années ne prennent plus de distances lunaires. De ces douze mille résultats calculés à grand'peine, il n'y en a plus dix, peut-être plus un seul, qui servent chaque année.

On n'est venu que par degrés à l'observation des hauteurs absolues de la Lune, pour assigner l'heure sous le premier méridien, et par conséquent la longitude. Le germe de cette méthode paraît se trouver dans l'indication de Ruy *Faliero,* qui remonte environ à 1515, de prendre des différences de hauteur entre la Lune et Jupiter (*Herrera,* Historia general de los echos de los castellanos en las islas [de las Indias], 4 vol. fol., Madrid, 1601-1615; tom. I, dec. II, lib. IV, cap. 10).

Morin proposa, en 1634, de déterminer les longitudes en comparant la hauteur de la Lune à celle d'une étoile voisine; il en concluait la déclinaison de l'astre, et par suite l'heure sous le premier méridien (*Morinus, J. B.,* Astronomia jam a fundamentis integra restituta; 4°, Parisiis, 1640).

Pour l'observation des longitudes par les hauteurs de la Lune, nous trouvons :

1061. **La Caille, N. L. de.** Mémoire sur l'observation des longitudes en mer par le moyen de la Lune. **Paris, H&M, 1759, 63.**

Cette méthode fut préconisée par

1062. **Kean, T.** A new and easy method of finding the longitude at sea; **8°, London, 1774.**

En 1855, cette méthode a été reprise, dans la forme d'une comparaison entre la hauteur de la Lune et celle d'une étoile :

1063. **Oudemans, J. A. C.** Over de bepaling der geografische lengte door de waarneming van gelijke hoogten der Maan en eener ster. **Amsterdam, Ver_1, VI, 1857, 25.**

Une autre méthode d'obtenir l'ascension droite de la Lune était de calculer l'angle horaire de cet astre, d'après son changement de hauteur depuis la culmination, sous une latitude connue. Ce fut *Le Monnier* qui la proposa (*Delambre,* Histoire de l'Astronomie au XVIII[e] siècle, 4°, Paris, 1827; p. 204); mais elle a été peu suivie. Voyez à ce sujet :

1064. **Le Monnier, P. C.** Remarques sur les hauteurs de la Lune prises au Cap Français pour en déduire la longitude géographique. **Paris, H & M, 1770, 179.**

Cette méthode nous rapprochait de celle des azimuths lunaires, préconisée par

1065. **Sawitsch, A.** Ueber die Bestimmung der geographischen Länge aus Mondazimuthen. **ANn, XX, 1843, 249.**

R. Radau a proposé, de son coté, de se servir de différences d'ascensions droites et d'azimuths entre la Lune et une étoile (**ANn, LIV, 1861, 345**). On n'aurait pas besoin

de chronomètre, dit l'auteur, l'heure du lieu résultant de l'azimuth de l'étoile, comme l'heure sous le premier méridien résulte de celui de la Lune.

Quant à l'idée de déterminer les longitudes par l'observation des passages de la Lune au méridien, elle se trouve déjà dans la relation d'un voyage au Groënland, insérée par *Purchas*, dans la collection qu'il a publiée sous le titre de Pilgrims, fol., London, 1613. Elle fut exposée par

1066. Finaeus, O. De invenienda longitudinis locorum differentia, aliter quam per lunares eclipses, etiam dato quovis tempore; fol., Lutetiae Parisiorum, 1544.

Puis elle a été développée par

1067. Carpenter, N. Geography delineated forth in two books, containing the sphaerical and topical parts thereof; 4°, Oxford, 1625;

et par

1068. Toaldo, G. De methodo longitudinum ex observato Lunae transitu per meridianum; 4°, Patavii, 1784.

On la trouve successivement reprise par

1069. Pigott, E. The latitude and longitude of York, ... with a recommendation of the method of determining the longitude of places by observations of the Moon's transit over the meridian. London, PTr, 1786, 409.

Et

1070. Lowe, G. Verbesserte Methode den Unterschied in der Länge zweier Oerter durch beobachtete Durchgänge des Mondes zu bestimmen. BaJ, 1799, 92.

Mais comme les passages au méridien étaient influencés par les erreurs d'installation et les erreurs instrumentales, l'idée vint de prendre en même temps que les culminations de la Lune, celles des étoiles voisines :

1071. Lindenau, B. von. Ueber die Zuverlässigkeit der Längenbestimmungen durch Mondsculminationen. MCz, XII, 1805, 216.

Cette méthode fut ensuite vulgarisée par

1072. Nicolai, F. B. G. Ueber die Methode Längen durch Rectascensions-Differenzen gewählter Vergleichsterne vom Monde zu bestimmen. ANn, I, 1823, 7;

et par

1073. **Baily, F.** On the method of determining the difference of meridians by the culmination of the Moon. **London, MAS, II, 1826, 1.**

Nous passerons maintenant à des considérations d'un ordre différent. L'idée du transport du temps était fort simple, et elle vint avant même qu'on eût des instruments propres à l'effectuer avec quelque sûreté. On n'avait encore le choix qu'entre des mèches chronométriques, des horloges à poids sans pendule, des clepsydres, ou des sabliers qu'il fallait retourner de demi-heure en demi-heure, lorsque Alonso de *Santa Cruz*, en 1510, proposa déjà ce moyen (**Humboldt, Kos, II, 1847, 488; Cos, II, 1848, 580**).

Cette proposition fut renouvelée avec plus d'autorité, vingt ans plus tard, par *Gemma* Frisius (De principiis Astronomiae et cosmographiae, 4°, Antverpiae, 1530). En 1615, Pierre *Krüger* essaya la première détermination de longitude par le transport du temps, en se servant d'une montre entre Königsberg et Danzig (*Kaestner, A. G.*, Peter Krüger's Vorschlag, den Unterschied der Meridiane zwischen Danzig und Königsberg zu finden, dans les Allgemeine geographischen Ephemeriden publiées par *von Zach* et *Bertuch*, 8°, Weimar; vol. I, 1798, p. 643).

On trouve l'histoire des efforts faits dans cette direction, et qui reposent principalement sur le perfectionnement des chronomètres, dans l'article suivant :

1074. **Holmes.** Narrative concerning the success of the pendulumwatches at sea for the longitudes. **London, PTr, 1665, 13.**

En 1686, *Huygens* fit mettre à bord d'un navire faisant le voyage du Cap, des montres à spiral, pour prendre les longitudes (*Uylenbroek, P. J.* Hugenii aliorumque seculi XVII virorum celebrium exercitationes mathematicae et philosophicae, 2 vol. 4°, Hagae Comitum; vol. II, 1833, p. 132).

Il y a un bon compte-rendu des progrès ultérieurs de la méthode chronométrique dans :

1075. **Bernoulli, Jean$_3$, RpA, I, 1771, 240.**

Sur la manière de calculer les longitudes chronométriques, voyez

1076. **Gauss, C. F.** Chronometrische Längenbestimmungen. **ANn, V, 1827, 227.**

1077. **Magnac, A. de.** Sur la détermination au moyen des chronomètres des différences de longitude de points éloignés. **Paris, Crh, LXXIII, 1871, 1319.**

Vient ensuite la détermination des longitudes par les phénomènes instantanés. *Galilée* avait proposé, dès 1615, d'employer à cette détermination les éclipses des satellites de Jupiter (*Venturi,* Memorie di Galileo, 2 vol. 4°, Modena, 1818; vol. I, p. 177). Il avait adressé, en 1631, une proposition formelle à cet égard au roi d'Espagne (*Langrenus,* Selenographia, fol., Bruxellis, 1645) et aux États de Hollande (communication manuscrite de P. B. Cavalleri, disciple de Galilée, à **Riccioli, Alm, I, 1651, 495**). *Herigone* parla de cette méthode dans son Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis, 1644; vol. V, p. 872, avant que *Galilée* en eût rien publié. Toutefois il ne fut fait usage des éclipses des satellites pour les longitudes qu'en 1671. *Picard* s'en servit alors pour la première fois, pendant son voyage à la recherche de l'observatoire de Tycho Brahé à Uranibourg (*Picard, J.,* Voyage d'Uranibourg, fol., Paris, 1680, ch. IX, p. 26. Comparez **Paris, His, I, 1733, 148**).

Ce fut le premier *Cassini* qui rendit la méthode pratique, en dressant des tables des mouvements des satellites et en publiant pour la première fois des annonces écliptiques, savoir :

1078. **Cassini, J. D.** Ephemerides bononienses mediceorum siderum; fol., Bononiae, 1668.

Sur cette méthode, aujourd'hui négligée pour d'autres plus exactes, on pourra consulter :

1079. **Hell, M.** Methodus determinandi meridianorum differentiam ex eclipsibus satellitum Jovis. **EpV, 1764, 188.**

Et

1080. **Flaugergues, H.** Avertissement aux astronomes qui emploient dans les observations des satellites, la méthode des diaphragmes. **CdT, 1801, 484.**

Tout ce qui concerne la théorie des satellites de Jupiter se trouvera au chap. XVII.

Aux satellites de Jupiter, on a songé d'abord à substituer des météores qui sont plus près de nous.

La proposition de déterminer les longitudes par les étoiles filantes fut faite dès 1719 par *Halley* (**London, PTr, 1719, 983**). Elle fut renouvelée bientôt après par

1081. **Lynn, G.** A method for determining the geographical longitude of places, from the appearance of the common meteors called falling stars. **London, PTr, 1727, 551.**

Et plus tard par

1082. **Benzenberg, J. F.** Ueber die Bestimmung der geographischen Länge durch Sternschnuppen; 8°, Hamburg, 1802.

Une mesure fut faite entre Naples et Palerme :

1083. Nobile, A. Sur la détermination des différences de longitude par l'observation des étoiles filantes. **Paris, Crh, XII, 1841, 426.**

Il y en eut ensuite une autre plus complète :

1084. Nobile, A. Applicazione delle stelle cadenti alla determinazione della differenza di longitudine tra Napoli e S. Giorgio a Cremano; dans l'Annuario di Napoli, 1860, p. 137. — Comparez ANn, LI, 1859, 265.

Un essai a été fait en Belgique, en août 1880, au point de vue du nombre des météores que l'on peut identifier, et de la distance à laquelle les observations correspondantes peuvent s'étendre. Il en est rendu compte dans : Bruxelles, Ann, 1881, 336, et 1882, 356.

Les signaux de feu offraient l'avantage d'être produits à volonté. *Picard* s'en servit, en 1671, pour prendre la différence de longitude entre Copenhague et Uranibourg. C'était un feu, allumé sur la tour de Copenhague, et que l'on faisait paraître subitement (Paris, His, I, 1733, 148).

On proposa, un peu plus tard, de se servir de bombes ou de fusées (*Whiston, W.* & *Dutton,* A new method for discovering the longitude; 8°, London, 1714). Dans les opérations géodésiques, en France, on introduisit les simples feux de poudre. Cette méthode est développée dans :

1085 Cassini de Thury, C. F. La méridienne de l'Observatoire royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du royaume; 4°, Paris, 1744; p. 98, 105.

1086. La Condamine, C. M. de. Manière de déterminer astronomiquement la différence en longitude de deux lieux peu éloignés l'un de l'autre. Paris, H & M, 1735, 1.

Puis, dans des temps plus modernes :

1087. Bonne. De la détermination des longitudes terrestres par le moyen des signaux de feu.

Dans le Mémorial général du Dépôt de la Guerre [de France], 4°, Paris; vol. III, 1826, p. 25 et 593.

On peut consulter, pour l'emploi de ces signaux, les instructions rédigées par

1088. Jahn, G. A. Pulversignale. **Unt, III, 1849, 241.**

Le télégraphe électrique a fourni, dans ces derniers temps, un moyen de communication instantanée ou presque instantanée, supérieur à ce que l'on possédait auparavant.

Le premier essai de déterminer une différence de longitude par des signaux électriques, fut fait en 1844 aux États-Unis d'Amérique, entre Washington et Baltimore, par *Wilkes* et *Eld* (*Vail,* American electro-magnetic telegraph, 8°, New York, 1848; p. 60). Cet essai ne fit guère que constater la possibilité d'une pareille opération.

Une différence de longitude par l'électricité fut ensuite déterminée, en 1846, entre Philadelphie et Washington, par *S. C. Walker* et *J. M. Gilliss* (Report of the secretary of the Treasury [of the United States], XXIXth Congress, second session, 4°, Washington, 1847; p. 75). Depuis lors, plus de cent longitudes ont été mesurées par le télégraphe.

Voici les mémoires dans lesquels on trouvera, sur ces opérations, des indications ou des conseils :

1089. **Le Verrier, U. J.** Sur la détermination des longitudes terrestres. Paris, Crh, XLIII, 1856, 249, 895.

1090. **Gould, B. A.** Report on the computations connected with observations by the telegraphic method for difference of longitude.

Dans les Reports of the superintendent of the United States Coast Survey, 4°, Washington; année 1857, p. 305.

1091. **Albrecht, T.** Ueber die Bestimmung von Längendifferenzen mit Hülfe der electrischen Telegraphen; 4°, Leipzig, 1869.

A la question des longitudes se rattache la perte d'un jour, que l'on éprouve en faisant le tour du globe dans le sens de l'Est à l'Ouest. Cette différence devait être remarquée, dès le premier voyage de circumnavigation. En effet, les compagnons de Magellan, au rapport de *Pigafetta* (Voyage et navigation faict par les Espagnols ès isles Mollucques, 12°, Paris, s. d.; cité par Riccioli, Alm, I, 1651, 557), en firent l'épreuve. Ils croyaient rentrer le 6 septembre 1522, tandis qu'en Europe on comptait le 7 septembre.

La ligne de démarcation entre les dates passe par le grand Océan. Mais les Philippines, où les Espagnols venaient par le Mexique, comptaient exceptionnellement avec le Nouveau Continent. Il y a quelques années cependant, on s'est décidé, dans ces îles, à reculer d'un jour, et l'on y compte maintenant les dates avec Hong-Kong, c'est-à-dire avec l'Europe et l'Asie.

La ligne de séparation des dates part donc du détroit de Behring, longe la côte orientale du Japon, laisse à l'Ouest Formose, les Philippines, la Nouvelle-Guinée, les îles Salomon, les Nouvelles-Hébrides, la Nouvelle-Calédonie, la Nouvelle-Zélande et l'île Chatam, qui comptent « lundi » avec l'Asie; tandis que les Aléoutes, l'île Bonin, les Mariannes, les Carolines, l'archipel Viti [Fidgi], Nimrod et toutes les îles plus à l'Est, comptent « dimanche » avec l'Amérique. (Voyez WfA, XI, 1868, 582; XIII, 1870, 184).

§ 83. ASTRONOMIE NAUTIQUE.

L'Astronomie nautique est aussi ancienne que la navigation. *Pline* (Historia naturalis [L], lib. VII, cap. 56) en reporte l'origine aux Phéniciens. Ulysse se servait des constellations pour conduire son vaisseau (*Homerus*, Odyssea [G], lib. V, v. 272). Toutefois, ce n'est qu'après la découverte du Cap de Bonne Espérance, et surtout après celle de l'Amérique, que les observations à la mer se sont véritablement développées. Il existe sur cette période un ouvrage magistral :

1092. **Humboldt**, A. de. Examen critique de la géographie du nouveau continent et des progrès de l'Astronomie nautique aux XVe et XVIe siècles; fol., Paris, 1834.

Cette publication, faite par livraisons, avait été commencée en 1814. On avait entrepris une édition 8°, dont 5 vol. ont paru, Paris, 1836-1839; mais elle n'a pas été achevée et ne contient guère que la moitié de l'ouvrage.

A l'époque où la grande navigation commença, les marins employaient, outre l'astrolabe, un instrument plus simple, l'arbalestrille, qui consistait en une pièce verticale glissant sur une pièce horizontale, de manière à donner les côtés variables d'un triangle rectangle, qu'on tenait vertical. L'arbalestrille, nommée aussi bâton de Jacob et flèche par les Français, était appelée balestrilla, baculo et cruz geométrica par les Espagnols, cross-staff par les Anglais, graedboog par les Hollandais, Jacobstab et Kreuzstab par les Allemands. (*Peschel*, Geschichte der Erdkunde, 2 Part. 8° [avec une seule pagination], München, 1877-1878; part. I, p. 387).

On prendra une idée générale de l'Astronomie nautique et de ses développements successifs, dans :

1093. **Littrow**, C. L. von. Ueber das Wesen und die Geschichte der nautischen Astronomie. Kal, 1844. — Reproduit dans Unt, III, 1849, 246, 249.

Pour les progrès les plus récents, on verra :

1094. **Villarceau**, Y. Transformation de l'Astronomie nautique à la suite des progrès de la chronométrie. Paris, Crh, LXXXII, 1876, 531, 580.

C'est vers le commencement du XVIIe siècle que l'Astronomie nautique est devenue une branche nettement séparée de l'Astronomie générale ou proprement dite. On a

publié, sur ce sujet, un grand nombre de traités à l'usage des astronomes et surtout des navigateurs. Nous allons mentionner les plus importants.

1095. **Norwood, M.** The sea-man's practice; 4°, London, 1636. — Reproduit dans le volume de ses Works; 4°, London, 1694.

C'est dans cet ouvrage qu'il rapporte la mesure de la distance méridienne de York à Londres.

1096. **Bouguer, P.** Nouveau traité de navigation; 4°, Paris, 1753. — Édit. revue par *de La Caille*, 8°, Paris, 1769; 3e édit. donnée par *de Lalande*, 8°, Paris, 1792.

1097. **Robertson, J.** The elements of navigation containing the theory and practice; 8°, London, 1754. — Plusieurs éditions; la dernière donnée par l'auteur (la 5e), 8°, London, 1772; d'autres « revised » par *W. Wales*, 2 vol. 8°, London, 1786; édit. revue, 2 vol. 8°, London, 1796.

1098. **Pezenas, E.** Astronomie des marins ou nouveaux éléments d'Astronomie à la portée des marins, tant pour un observatoire fixe que pour un observatoire mobile; 8°, Avignon, 1766.

1099. **Dulague. V. F. J. N.** Leçons de navigation; 8°, Rouen, 1768. — Plusieurs réimpressions; la 9e et dernière édition, revue par *Blouet*, 8°, Paris, 1823.

Traduction.

1100. Lezioni di navigazioni; 8°, Livorno, 1825. — 2e édit., augmentée de tables par *L. Lamberti*, 2 vol. 8°, Livorno, 1850.

1101. **Berthoud, F.** Les longitudes par la mesure du temps, ou méthodes pour déterminer les longitudes en mer, avec le secours des horloges marines; 4°, Paris, 1775.

1102. **Levêque, P.** Le guide du navigateur ou traité de la pratique des observations et des calculs nécessaires au navigateur; 8°, Nantes, 1778.

Ouvrage étendu, complet et bien disposé, accompagné des tables utiles au navigateur, formant un volume de 600 pages.

1103. **Mendoza y Rios, J. de.** Tratado de la navegacion; 2 vol. 4°, Madrid, 1787.

1104. **Bowditch, N.** The practical navigator, containing the necessary instructions for determining the latitude by various methods, and for ascertaining the longitude by lunar observations, in a complete epitome of navigation; 8°, Boston, 1800. — Réimpr., 8°, London, 1809, avec des tables revues par *T. Kirby.* Nombreuses éditions : la 25ᵉ, 8°, New York, 1853.

1105. **Guépratte, C.** Problèmes d'Astronomie nautique et de navigation, précédés de la description et de l'usage des instruments, et suivi d'un recueil de tables; 8°, Brest, 1816. — 2ᵉ édit., 3 vol. 8°, Brest, 1823; 3ᵉ édit., 2 vol., 1839

1106. **Canellas, F. D. A.** Elementos de Astronomia nautica, escritos para utilidad de los que se dedican al estudio de la navegacion cientifica; 2 vol. en 4 part. 8°, Barcelona, 1816-1817.

1107. **Riddle, E.** A treatise on navigation and nautical Astronomy, containing... rules for finding the latitude and longitude... by celestial observations, with all the tables requisite in nautical computation; 8°, London, 1824. — Éditions successives, la 7ᵉ en 1859.

1108. **Francœur, L. B.** Astronomie pratique, usage et composition de la Connaissance des temps, ouvrage destiné aux astronomes, aux marins et aux ingénieurs; 8°, Paris, 1830. — 2ᵉ édit., 8°, Paris, 1840.

1109. **Inman, J.** Navigation and nautical Astronomy for the use of british seamen; 8°, London, 1830. — Plusieurs éditions successives, la 4ᵉ en 1843.

1110. **Couto, M. V. do.** Astronomia spherica e nautica; 8°, Lisboa, 1839.

1111. **Raper, H.** The practice of navigation and nautical Astronomy; 8°, London, 1840. — Éditions successives, 8°, London, 1842, 1849, 1852.

1112. **Seleny, S.** Astronomitscheskia sredstwa koraslewojdenia; 8°, Sankt Peterbourg, 1841.

C'est-à-dire : Méthodes astronomiques pour la navigation.

1113. **Dubus, F. J.** Types de calculs de navigation et d'Astronomie nautique; 4°, Saint-Brieux, 1843.

1114. **Tegner, P. W.** Nautiske Astronomie; 8°, Kjobenhaven, 1840. — Réimprimé plusieurs fois; 4e édit., 1847.

1115. **Bates.** The practice of navigation and nautical Astronomy; 8°, London, 1852.

1116. **Schaub, F.** Leitfaden für den Unterricht in der nautische Astronomie an der k. k. Marine Akademie; 8°, Triest, 1853. — 2e édit., 8°, Wien, 1860; 3e édit., revue par *E. Gelcich*, 8°, Wien, 1878.

Traduction.

1117. Guida alla studia dell' Astronomia nautica; 8°, Trieste, 1856.

1118. **Rümker, C.** Handbuch der Schiffarthskunde; 8°, Hamburg. Nombreuses éditions, la 6e en 1857.

1119. **Giquel, L. E.** Notes d'Astronomie et de navigation à l'usage des candidats au grade de capitaine au long cours; 8°, Le Havre, 1859.

1120. **Chauvenet, W.** A manual of spherical and practical Astronomy, embracing the general problems of spherical Astronomy, the special applications to nautical Astronomy, and the theory and use of fixed and portable astronomical instruments; 2 vol. 8°, Philadelphia, 1863; 2e édit., 2 vol. 8°, Philadelphia & London, 1864.

1121. **Weyer, G. D. E.** Vorlesungen über nautische Astronomie; 8°, Kiel, 1871.

1122. **Escott, A.** Treatise on navigation and nautical astronomy; 8°, London, — Souvent réimprimé, 9e édit., 1871.

1123. **Villarceau, Y. & Magnac. A. de.** Traité de navigation, nouvelle navigation astronomique, théorie par *Y. Villarceau;* 4°, Paris, 1877.

1124. **Chabirand, G. & Brault, L.** Traité d'Astronomie et de météorologie appliquées à la navigation; tome I, Astronomie par *G. Chabirand,* 8°, Paris; 1877.

1125. **Byrne, O.** Treatise on navigation and nautical Astronomy; 8°, London, 1877.

1126. **Faye, H.** Cours d'Astronomie nautique; 8°, Paris, 1880.

Voici maintenant l'indication des principaux recueils de tables, destinés à faciliter les opérations de l'Astronomie nautique.

1127. **Mata. J. M. da.** Taboadas perputuas astronomicas para usu da navegaçao portugueza; 4°, Lisboa, 1766.

1128. **Maskelyne, N.** Tables requisite to be used with the nautical ephemeris for finding the latitude and longitude at sea; 8°, London, 1781. — Réimprimé deux fois, la dernière fois en 1802, plus un Appendix à cette 3e édition.

1129. **Mendoza y Rios, J. de.** Coleccion de tablas para varios usos de la navegacion; fol., Madrid, 1800. — Réimpr. par les soins de *J. J. M. Espinosa y Tacon*, 2 vol. 4°, Madrid, 1850-1851.

Traductions.

1130. A complete collection of tables for navigation and nautical Astronomy; 4°, London, 1805. — 2e édit., 4°, London, 1809.

1131. Principales tables de *M. de Mendoza* revues et corrigées par *L. Richard*; 4°, Brest et Paris, 1842. — Réimpr., 4°, Paris, 1854.

1132. **Norie, J. W.** A complete set of nautical tables, containing all that are requisite, with the Nautical Almanac, in keeping a ship's rekoning at sea and in ascertaining the latitude and the longitude by celestial observations; 8°, London, 1803. — Réimpr., 1818.

Traduction.

1133. Recueil de tables utiles à la navigation (par *Violaine*); 8°, Paris, 1815.

1134. **Andrew, J.** Astronomical and nautical tables, with precepts for finding the longitude and latitude of places .. and the most useful problems in practical astronomy; 8°, London, 1805.

1135. **Thomson, D.** Lunar and horary tables for new and concise methods of performing the calculations necessary for ascertaining the longitude by lunar observations or chronometers; 8°, London, 1824. — Souvent réimpr., 15e édit. en 1855.

1136. **Bagay, V.** Nouvelles tables astronomiques et hydrographiques; 4°, Paris, 1829.

Avec des tables goniométriques de seconde en seconde, mais sans les différences.

Traduction.

1137. **Inman, J.** Nautical tables, designed for the use of british seamen; 8°, London, 1830. — Plusieurs éditions jusqu'en 1856.

1138. **Coleman, G.** Lunar and nautical tables, arranged and adapted for determining by the various methods the latitude at sea,... also the longitude by chronometer and lunar observations; 8°, London, 1846.

1139. **Domke, F.** Nautische, astronomische und logarithmische Tafeln, nebst Erklärung und Gebrauchs-Anweisung für die preussischen Navigations-Schulen; 8°, Berlin, 1852. — Nouv. édit., 8°, Berlin, 1865.

1140. **Freeden, W. von & Köster, T.** Nautische Hülfstafeln nebst Erläuterungen über deren Berechnung und Gebrauch; 8°, Oldenburg, 1862. — Refondu et étendu par *von Freeden,* sous le titre de Handbuch der Nautik, 8°, Oldenburg, 1864.

1141. **Thomson, W.** Tables for facilitating Sumner's method at sea; 8°, London, 1876.

Traduction.

1142. Tafeln zur Erleichterung der Anwendung der Sumner'schen Methode für den Seegebrauch; 4°, Berlin, 1877.

Parmi les tables où les azimuths sont calculés, pour différentes latitudes, nous indiquerons :

1143. **Burdwood, J.** Sun's true bearing or azimuth tables, computed for intervals of four minutes between the parallels of latitude 30° and 60° inclusive; 8°, London, 1850 (?) — 3ᵉ édit., 8°, London, 1873.

1144. **Labrosse, F.** Tables des azimuts du Soleil correspondant à l'heure vraie du bord entre les parallèles 55° sud et 55° nord; 4°, Paris, 1868.

1145. **Hue, A.** Table d'azimuts pour tous les astres et pour toutes les latitudes, suivie d'une note sur la navigation par le grand cercle; 8°, Paris, 1868. — 2ᵉ édit., 8°, Paris, 1874.

1146. **Albini, G.** The Sun's true bearing, or azimuth tables, computed for intervals of ten minutes between the parallels of latitudes 61° North and 61° South; 4°, Milano, Napoli, Pisa, 1876.

Il y a des exemplaires avec le titre en italien.

§ 84. OBLIQUITÉ DE L'ÉCLIPTIQUE.

L'obliquité de la sphère a dû frapper de bonne heure les observateurs. Au — VI[e] siècle, *Anaximandre* la connaissait chez les Grecs (*Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus philosophorum clarorum [G], lib. II, cap. 11). On va voir par le tableau des mesures qui en ont été faites, que les Chinois en avaient déjà déterminé la grandeur, à une époque beaucoup plus ancienne.

Valeurs attribuées à l'obliquité de l'écliptique.

—1100.	TCHEOU-KONG, par les ombres solstitiales, à Loyang, en Chine. (*Gaubil,* dans les Lettres édifiantes et curieuses, 26 vol. 12°, Paris, vol. XXVI, 1783, p. 142; aussi MS de *Gaubil* publié dans CdT, 1809, 393. — Observation calculée par *Laplace,* CdT, 1811, 450.) . . .	23° 54′ 2″
— 323.	PYTHEAS, par le gnomon, à Marseille. (*Strabo,* Res geographicae, lib. II, cap. 4, 5; Ptolemaeus, MCo, lib. II, cap. 6. — Calculé par *Laplace,* l. c.).	23 49 20
— 300 ∓	EUDEMUS Rhodensis. (Fragment publié par Fabricius, BGr, III, 1790, part II, 278, édit. Harles.)	24 0
— 279.	ARISTARCHUS Samius. (Cité par Ricciolus, Alm, I, 1651, 162.)	24 0
— 229.	ERATOSTHENES, par le gnomon à Syène et à Alexandrie. (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 2; *Cleomedes,* Cyclica theoria, lib. I, cap. 10. — Calculé par *Laplace,* l. c.)	23 45 7
— 140.	HIPPARCHUS, à Alexandrie, avec l'astrolabe. (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 11, 13. — Calculé par *Legentil,* dans Paris, H&M, 1787, 330.)	23 51 20
— 105.	Les CHINOIS, à l'aide du gnomon. (*Gaubil,* dans Souciet, Obs, II, 1732, 114.)	23 39 18
— 50.	LIEOU-HIANG, à Siganfou, en Chine, à l'aide du gnomon. (*Gaubil,* dans Souciet, Obs, II, 1732, 8. — Calculé par *Laplace,* l. c.)	23 45 39
0 ∓	Les INDIENS (*Messahalah,* De scientia motus orbis, 4°, Norimbergae, 1504.)	24 0
+ 140.	PTOLEMAEUS, avec l'astrolabe. (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 11.)	23 51 20

173. Les Chinois, par les ombres méridiennes. (*Gaubil*, MS, dans la CdT, 1809, 395. — Calculé par *Laplace*, l. c.) 23° 41′ 33″

300 ∓ Les Hindoux. (*Burgess*, Translation of the Sûrya Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. 2, p. 57.) 24 0

390. Pappus, au gnomon. (*Pappus*, Collectiones mathematicae, lib. VI, theorem. 35.) 23 29 50

461. Tsou-Chong, par les ombres. (*Gaubil*, MS, dans CdT, 1809, 389. — Calculé par *Laplace*, l. c.) 23 38 52

629. Litchou-Foung, par les ombres. (*Gaubil*, MS, dans CdT, 1809, 397. — Calculé par *Laplace*, l. c.). 23 40 4

800. Alfergany. (Alfraganus, Elm, 1669, cap. 5.) 23 35

829. Iahia ebn Aboumansour, à Bagdad. (*Caussin*, Le livre de la grande table hakémite, 4°, Paris, 1804, p. 40.) . . 23 33

832. Send ebn Ali, à Damas. (*Caussin*, ibid., p. 40) 23 33 52

891. Albategni, avec des cercles divisés. (Albategnius, ScS, cap, 4. — Calculé par *Laplace*, l. c.) 23 35 41

895 ∓ Attribué (à tort?) à Thebit ben Chora. (*Reinholdus*, Theoricae Purbachii, 8°, Vitembergae, 1542; in notis.) 23 33 30

900 ∓ Les fils d'Amajour (*Caussin*, Le livre de la grande table hakémite, 4°, Paris, 1804, p. 136) 23 35

968. Al Sufi. (*E. Bernard* dans London, PTr, 1684, 723, d'après les MSS d'Oxford.) 23 35

970. Mohamed, Ahmed et Hasan, fils de Musa ben Shaker. (*E. Bernard*, l. c.) 23 35 5

995. Aboul Rihan, avec un quadrant de 8 mètres. (*E. Bernard*, l. c.) 23 35 0

1000. Ebn Iounis. (*Caussin*, Le livre de la grande table hakémite, 4°, Paris, 1804, p. 222. — Calculé par *Laplace*, l. c.) 23 34 26

1070. Arzachel. (Copernicus, Rev, 1543, lib. III, cap. 6.) . . 23 34 0

1089. Arzachel. (MS de ses Tabulae astronomicae, cité par *Harris* dans London, MAS, XV, 1846, 186. Comparez London, PTr, 1684, 724.) 23 33 30

1140. Almaeon [Almansour]. (Copernicus, Rev, 1543, lib. III, cap. 2; Lansbergius, Tab, 1632, Thesaurus observationum solarium, class. 1.) 23 33 30

1210. Thebit ben Corah. (Ibid., ibid. — Revu par *Delambre*, Histoire de l'Astronomie au moyen âge, 4°, Paris, 1819, p. 101.) . . . . 23° 35′ 0″

1220. Alfadel. (*Delambre*, l. c.) 23 34 2

1230. Aboul-Hhassan. (*Delambre*, l. c. — Comparez *Aboul Hhassan*, Traité des instruments astronomiques des Arabes, traduit par *J. J. Sédillot*, 2 vol. 4°; Paris, 1834-1835; part. I, ch. 23; vol, I, p. 174.) . . . 23 33 45

1269. Nassir-Eddin, à Meragah (London, PTr, 1684, 724.) . . 23 30 0

1279. Cochéou-King, par plusieurs solstices observés à Peking de 1277 à 1280, avec un gnomon à trou (*Gaubil*, MS dans CdT, 1809, 399. — Calculé par *Laplace*, l. c.) 23 32 2

1300. Prophatius judaeus. (Copernicus, Rev, 1543, lib. III, cap. 6; Lansbergius, Tab, 1632, astronomicarum observationum thesaurus, observat. solar., class. 1.). . 23 32

1416. Venceslas de Pilzna. (*Linemann*, Memoria secularis, 4°, Regiomonti, 1644; n° 9.) 23 30 30

1437. Ulug Beg, à Samarkand, avec un quadrant de grande dimension. (*Hyde*, Tabulae stellarum fixarum ex observationibus Ulugbeighi, 4°, Oxonii, 1665. — Calculé par *Laplace*, l. c.) 23 31 48

1460. Purbach. (*Regiomontanus* et *Purbachius*, Epitome in C. Ptolemaei magnam compositionem, fol., Basileae, 1543; lib. I, prop. 17.) 23 28

1460. Regiomontanus, à Vienne, avec un quadrant. (*Clavius*, Opera mathematica, 5 vol. fol., Moguntiae, 1612; vol. III, p. 149.). 23 30 49

1476. Walther. (*Schonerus*, Observationes a Regiomontano et Walthero habitae, 4°, Norimbergae, 1544.) 23 30 0

1490. Walther. (Observations calculées par *La Caille*, dans Paris, H&M, 1749, 40; 1757, 108.) 23 29 47

1498. Walther. (*Schonerus*, l. c.) 23 29 31

1500. Domenico Novara, à Bologne. (*Clavius*, Commentarius in sphaeram J a Sacro-Bosco, édit. 4°, Lugduni, 1618; p. 262. — Comparez BdB, X, 1877, 75.). 23 29 0

1500. Nonius, à Coimbre. (*J. Nonius*, Opera, fol., Basileae, 1566, réimpr. 1592; de observatione, lib. II.) 23 30

1510. J. Verner. (Copernicus, Rev, 1543, lib. III, cap. 2.) . . 23° 28′ 30″

1525. Copernic. (Ibid., lib. II, cap. 2.) 23 28 24

1530. Bienewitz. (*Apianus,* Instrumentum primi mobilis, fol., Norimbergae, 1536.) 23 30

1533. Finé. (*Finaeus,* De mundi sphaera sive cosmographia, fol., Parisiis, 1541; lib. II, cap. 24.) 23 30

1570. E. Danti, au grand gnomon de Florence. (*Danti, E.,* Del uso e fabrica dell'astrolabio, 4°, Firenze. 1578; part. II, cap. 34.) 23 29

Calculé par J. Cassini, Elm, 1740, 111. . . . . . . 23 29 55

1570. Rothmann et Byrge. (*Barrettus,* Historia coelestis, fol., Augustae Vindelicorum, 1666; proleg., p. 73-87.) . . 23 30 20

1570. Homelius, à Leipzig. (T. Brahaeus, AiP, 1602, 631.) . . 23 29 50

1587. T. Brahe. (T. Brahaeus, AiP, 1602, 17, 28; *T. Brahaeus,* Epistolae, 4°, Uraniburgi, 1610; p. 40. — Discuté par *Bugge* dans BaJ, 1794, 100.) 23 29 46

1589. Lansberg, à Goes, en Zélande. (Lansbergius, Tab, 1632; astronomicarum observationum thesaurus, observ. IX.) 23 30 10

1600. Gassendi, par ses observations. (J. Cassini, Elm, 1740, 113.) 23 31 0

1612. Clavius. (*Clavius,* Commentarius in sphaeram J. a Sacro-Bosco, édit. 4°, Lugduni, 1618; p. 262.) 23 30 0

1612. Galilée. (*Galileo,* Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, 4°, Fiorenza, 1632, ou dans Galileo, Ope, I, 1842, 424.). 23 30

1612. Scheiner. (*Scheiner,* Rosa úrsina, fol. Bracciani, 1630; p. 336.) 23 30

1620. Wendelin. (Communiqué par l'aûteur : Riccioli, Alm, I, 1651, 161.) 23 30 30

1627. Kepler. (Keplerus, Tab, 1627, 116.). 13 30 30

1630. Gassendi. (*Gassendi,* Institutio astronomica, lib. II, cap. 8, ou Gassendi, Opa, IV, 1658, 34; IV, 1727, 35.) 23 31

1636. Gassendi. (*Gassendi,* Vita Peireskii, lib. V; dans Gassendi, Opa, V, 1658, 266; V, 1727, 284.) 23 30 58

1642.	G. Marggraf, à l'île de Martin Vaz. (Cité par Flamsteed, His, 1725, III, proleg. 125.)	23° 29′ 2″,5
1646.	Riccioli & Grimaldi. (Riccioli, Ara, 1665, 21.) . . .	23 30 20
1646.	Boulliau. (Bullialdus, Aph, 1645, 229.)	23 32
1650.	Wendelin. (Communication manuscrite dans Riccioli, Ara, 1665, 21.)	23 30 24
1655.	J. D. Cassini, par ses observations au gnomon de Saint-Pétrone, à Bologne. (*Cassinus, J. D.,* Specimen observationum bononiensium, fol., Bononiae, 1656.) . . .	23 29 15
1658.	Mouton, à Lyon. (Observationes diametrorum Solis et Lunae, 4°, Lugduni, 1670.)	23 29 3
1661,5.	Hevel, par les solstices de 1652 à 1671. (*Hevelius,* Annus climactericus, fol., Dantisci, 1685. — Calculé par Lalande, Ast_2, liv. XVI, n° 2723; vol. III, 1771, p. 141.)	23 29 10
1672.	Richer, par ses observations de Cayenne. (Paris, His, I, 1733, 169. — Calculé par J. Cassini, Elm, 1740, 112.)	23 28 54
1687.	Wurzelbauer. (*Wurzelbauer,* Uranies noricae basis astronomico-geographica, fol., Norimbergae, 1697.— Calculé par *Bugge,* dans BaJ, 1794, 103.).	23 29
1689,5.	Flamsteed, par les observations solstitiales de Greenwich. (Flamsteed, His, III, 1725, proleg., 114.)	23 28 56
1700.	Lahire. (*Lahire,* Tabulae astronomicae, 4°, Parisiis, 1702, p. 9.)	23 29 0
1703.	Bianchini, au gnomon des Thermes de Dioclétien, à Rome. (*Bianchini,* De kalendario et cyclo Caesaris, enarratio de gnomone Clementis. fol., Romae, 1703.)	28 28 35
1709.	Römer. (*Horrebow,* P_1, Atrium astronomiae, 4°, Hafniae, 1732; p. 33,).	23 28 47
1716.	Louville. (Paris, H & M, 1716, his, 48.)	23 28 31
1730.	Godin. (Paris, H & M, 1734, 492.)	23 28 20
1733.	Manfredi, au gnomon de Bologne. (Liber de gnomone meridiano bononiensi, 4°, Bononiae, 1736.)	23 28 47
1736,5.	Bouguer & de La Condamine, à Quito, avec un secteur de 3",9. (*Bouguer,* Figure de la terre, 4°, Paris, 1749; p. 258.)	23 28 23

1738.	J. Cassini, par les observations de Paris. (J. Cassini, Elm, 1740, 115.)	23° 28′ 20″
1743.	C. F. Cassini de Thury, par les observations de l'Observatoire de Paris. (Paris, H & M, 1778, 490.) . . .	23 28 26
1750.	Legentil. (Paris, H & M, 1757, 180.)	23 28 19
1750,0.	La Caille. (Tabulae solares, 4°, Paris, 1758; tab. iij.) .	23 28 20,7
1750,0.	Bradley, calculé par lui-même. (NAl, 1767, 152.) . .	23 28 19
1750,0.	Bradley, calculé par *Hornsby*. (*Bradley*, Astronomical observations, 2 vol. fol., Oxford; t. I, 1798, p, xvj.) .	23 28 17,57
1755,0.	Bradley, d'après les réductions de *Bessel*. (Bessel, FaA, 1818, 61.)	23 28 15,32
1755,5.	C. F. Cassini de Thury, par les observations de l'Observatoire de Paris. (Paris, H & M, 1778, 490.)	23 28 8
1756,0.	T. Mayer, par ses observations à Gottingue, avec un mural de Bird de 2m,4. (Gotinga, Cii, V, 1782.) . .	23 28 16,0
1757,295.	Bradley, observations réduites par *C. A. F. Peters*. ANn, XXI, 1844, 89.)	23 28 14,055
1757,5.	Bradley, mêmes observations, 13 solstices discutés par *Pearson*. (London, MAS, XI, 1840, 86.).	23 28 13,44
1769,0.	Maskelyne, à Greenwich. (London, PTr, 1787, 166.) .	23 28 8,5
1777,0.	Reggio, par les observations de 1772 à 1782 à Milan. (EpM, 1785, 133.).	23 28 3,9
1777,5.	C. F. Cassini de Thury, par les observations de l'Observatoire de Paris. (Paris, H & M, 1778, 490.) . . .	23 27 54
1778,0.	Bürg, en combinant diverses observations. (MCz, XXVIII, 1813, 285.)	23 28 7,6
1781,0.	Bürg, par les dernières observations. (EpV, 1797.) . .	23 28 5,8
1784,5.	Bugge, par 8 années d'observation à Copenhague. (BaJ, 1794, 99.)	23 28 1,7
1795,0.	Maskelyne, par 20 solstices observés à Greenwich. (MCz, XVI, 1807, 126.— Réduit par Bessel, FaA, 1818, 60.).	23 27 57,66
1798,0.	Piazzi, par 19 solstices observés avec le cercle de Palerme. (MCz, XVI, 1807, 126.— Réduit par *Bessel*, l. c.) . .	23 27 55,05

1800,0.	PIAZZI, d'après ses observations de Palerme. (Memorie della Societa italiana delle scienze residente in Modena, t. XI, 1804, p. 126; t. XII, 1805, p. 61.).	23° 27′ 57″,66
1800,0.	DELAMBRE, par 12 solstices observés au cercle répétiteur. (Tables du Soleil, 4°, Paris, 1806, explic. de la table v.).	23 27 57
1800,0.	BESSEL, en comparant aux observations les déclinaisons du Soleil des Tables de Delambre. (**Bessel, FaA, 1818, 61.**)	23 27 54,8
1800,5.	MASKELYNE, par les solstices observés à Greenwich. (**MCz, V, 1802, 137.**).	23 27 56,80
1800,5.	MÉCHAIN, par 146 hauteurs méridiennes du Soleil, au cercle répétiteur. (**BaJ, 1806, 132.**)	23 27 56,5
1812,0.	ORIANI, à Milan, avec un cercle répétiteur de Reichenbach. (**BaJ, 1818, 166.**)	23 27 49,48
1812,0.	ZACH, par ses observations de 1807 à 1811. (**MCz, XXVII, 1813, 122.**)	23 27 52,27
1813,0.	POND, par les observations de Greenwich au cercle de Troughton. (**London, PTr, 1813, 27.**)	23 27 49,42
1813,0.	BRINKLEY, d'après 16 solstices observés par Oriani, Pond, Arago, Mathieu et lui-même. (**London, PTr, 1819, 241.**)	23 27 50,45
1815,0.	BESSEL, par 10 solstices observés à Königsberg. (**Berlin, Abh, 1818-1819, Math, 32.** — Comparez, **Bessel, FaA, 1818, 60.**)	27 27 47,42
1815,5.	INGHIRAMI, par ses observations à Florence. (**Cas, I, 1818, 383.**)	23 27 50,06
1817,5.	GAUSS, par 214 hauteurs méridiennes du Soleil. (**ZfA, IV, 1817, 130.**).	23 27 47,7
1818,5.	J. J. VON LITTROW, à Vienne. (**ZfA, V, 1818, 261.**) . .	23 27 49,28
1820,25.	SOLDNER, par 2 solstices à Bogenhausen près Munich. (**BaJ, 1823, 171.**).	23 27 44,93
1822,5.	BRISBANE, à Paramatta. (**London, MAS, II, 1826, 64 et 106.**)	23 27 45,72
1823,0.	C. RÜMKER, à Paramatta. (**ANn, II, 1824, 212.**). . . .	23 27 43,74
1825,0.	F. STRUVE, par les observations de Dorpat de 1823 à 1825. (*F. G. W. Struve,* Stellarum fixarum positiones mediae, fol., Petropoli, 1852; p. xxxiij.).	23 27 42,61

1825,0.	BESSEL, d'après *Le Verrier.* (Paris, MOb, IV, 1858, 51.).	23° 27′ 43″,78
1826,0.	POWALKY, en discutant les observations de Dorpat de 1823 à 1859. (ANn, LXXXVIII, 1876, 265.) . . .	23 27 42,29
1827,0.	C. RÜMKER, à Paramatta. (London, MAS, III, 1829, 374.).	23 27 43,98
1833,5.	PEARSON, par 21 mesures à Southkilworth, 1828-1833. (London, MAS, XI, 1840, 86.).	23 27 39,24
1834,0.	AIRY, par les observations de 1834 au cercle méridien de Cambridge. (London, MAS, IX, 1836, 15.)	23 27 39,47
1835,0.	AIRY, par les observations de 1835 au cercle méridien de Cambridge. (London, MAS, X, 1838, 238.)	23 27 38,90
1841,0.	E. BOUVARD & MAUVAIS, par 12 solstices, à l'Observatoire de Paris. (Paris, Crh, XV, 1842, 945.)	23 27 35,56
1846,0.	AIRY, observations de Greenwich citées par *Le Verrier.* (l. c.)	23 27 33,88
1850,0.	HANSEN & OLUFSEN, valeur adoptée. (*Hansen & Olufsen*, Tables du Soleil, 4°, Copenhague, 1853; p. 5.) . . .	23 27 31,42
1850,0.	LE VERRIER, valeur adoptée. (Paris, MOb, IV, 1858, 51 et 203.)	23 27 31,83
1850,0.	LE VERRIER, revu par *von Oppolzer.* (ANn, LXVII, 1866, 166.).	23 27 31,24
1868,0.	AIRY, donné par *Powalky.* (ANn, LXXX, 1873, 111.). .	23 27 22,3
1870,0.	VANDE SANDE BAKHUIJZEN, par les observations de Leiden de 1864 à 1876. (*Vande Sande Bakhuijzen,* Bepaling van de helling der ecliptica, 8°, Leiden, 1879; p. 77.).	23 27 22,01

Depuis l'année 1836, les Results of the observations made at the royal Observatory Greenwich, qui terminent les Greenwich, Obs, contiennent dans chaque volume annuel une page intitulée : « Investigation of the position of the ecliptic, » dans laquelle les observations du Soleil sont employées pour donner la correction de l'obliquité, ainsi que celle du zéro admis des ascensions droites. De 1829 à 1835, les Greenwich, Obs, donnaient seulement les observations mêmes des équinoxes et des solstices, pour le zéro des ascensions droites et pour l'obliquité. Les Cambridge, Obs, présentent aussi annuellement une « Investigation of the position of the ecliptic, » suivant la forme suivie à Greenwich.

§ 85. DIMINUTION DE L'OBLIQUITÉ.

Les premiers astronomes qui, par la comparaison d'anciennes observations, s'aperçurent que l'obliquité de l'écliptique n'est pas constante, crurent à une nutation à longue période, qui déplacerait lentement le plan de l'équateur par rapport à celui de l'écliptique. Telle fut l'explication qui se présenta à *Thebit-ben-Chora,* que l'on croit maintenant du XII[e] ou même du commencement du XIII[e] siècle. Il rendait compte à la fois de la précession et de la diminution d'obliquité, en faisant décrire à l'équinoxe un cercle de 4° 18′ 43″ de diamètre (*Reinhold, E.*, Theoricae planetarum Purbachii, 8°, Vitembergae, 1542, in notis). Cette théorie prit le nom de « trepidatio aequinoctiorum, » et fut adoptée successivement par *Purbach, Capuanus* et *Nonius* (*Delambre,* Histoire de l'Astronomie du moyen âge, 4°, Paris, 1819; p. 264-281).

Copernic partageait encore la même erreur (Copernicus, Rev., 1543, lib. III, cap. 6). Ce fut Egnazio *Danti* qui, en 1569, émit l'idée que les changements survenus dans l'obliquité de l'écliptique, indiquaient simplement une lente diminution (*Danti, E.*, Trattato dell' uso et della fabbrica dell' astrolabio, 4°, Fiorenza, 1569; part. II, prop. 30, p. 86). Toutefois ce fait important ne fut constaté méthodiquement et mis clairement en évidence que par Tycho *Brahé,* en 1590, en comparant les latitudes de certaines étoiles, observées à des époques éloignées (Brahaeus, AiP, 1648, 163).

Voici les différentes valeurs, obtenues par divers astronomes, pour la diminution séculaire de l'obliquité :

Valeurs attribuées à la diminution séculaire de l'obliquité de l'écliptique.

1715. Louville. (De mutabilitate eclipticae, dans : Lipsia, AcE, 1719.) . . 65″

1734. Godin, en comparant les observations modernes à celles de Ptolémée. (Paris, H & M, 1734, 494.) 66,7

1846. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, xliv) 30

1754. L. Euler, par la théorie de l'attraction. (Berlin, H & M, 1754, 296.) 47,5

1757. La Caille, en comparant ses déterminations à celles de Walther. (Paris, H & M, 1757, 109.) 44

1758. Lalande, par la théorie. (Paris, H & M, 1758, 339.) 47,2

1767. T. Mayer, par la comparaison des observations anciennes et modernes. (*Mayer, T.,* New and correct tables of the Sun and Moon, 4°, London.) 46

1773. Hornsby, par ses observations jusqu'en 1773. (London, PTr, 1773, 93.) 58

1776. Ximenez, par la discussion de 26 années d'observations au gnomon de Florence. (Memorie della Società italiana. t. II, part. 1, p. 236.). . 34″,4

1778. Cassini de Thury, par 109 ans d'observations, de 1669 à 1778. (Paris, H & M, 1778, 504.) 61

1779. La Grange, par la théorie, en déterminant de deux manières différentes la masse de Vénus. (BaJ, 1782, 117.) 56

1780. Lalande, par les observations modernes seules. (Paris, H & M, 1780, 285.) 53,5

1780. Lalande, en recourant aux observations des Arabes et des Chinois. (Ibid.) 50

1782. Lagrange, par la théorie. (Berlin, H & M, 1782, 169, n° 75. Lagrange, OEu, V, 1770, 339.) 61,56

1788. Le Monnier, par un demi-siècle d'observations avec le même quart de cercle. (Paris, H & M, 1738, 4.) 27,5

1791. Bugge, en comparant ses observations à celles des anciens. (BaJ, 1794, 104.). 53,9

1791. Triesnecker, par les observations modernes. (EpV, 1793, 488.) . . 53,42

1800. Maskelyne, par la comparaison des observations. (MCz, V, 1802, 157.) 48

1802. Laplace, par la théorie. (Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 16.) 52,1

1803. Duc la Chapelle, par la comparaison des observations. (Paris, Mem$_1$, IV, 1803, 232.) 38

1804. Piazzi, en comparant les observations anciennes et modernes. (Memorie della Società italiana delle scienze residente in Modena, t. XI, 1804, p. 426.) 44,3

1806. Delambre, par la comparaison des observations. (*Delambre,* Tables du Soleil, 4°, Paris, 1806; tab. v.) 52,1

1818. Bessel, en discutant les observations de soixante ans. (Bessel, FaA, 1818, 61.) 45,70

1818. Bessel, par les formules de Laplace, en employant des valeurs corrigées des masses des planètes. (Ibid., p. 297.) 48,368

1819. Brinkley, en comparant ses observations à celles de Bradley. (London, PTr, 1819, 241.) 43

1831. Pond, en comparant les observations de 1756 et 1757 à celles de 1826 et 1827. (London, MAS, V, 1833, 12.) 46,66

1834. F. T. Schubert, par la théorie de l'attraction. (*Schubert, F. T.*, Traité d'astronomie théorique, 3e éd., liv. V, ch. 10, t. III, p. 511.) 49″,0

1840. Pearson, en comparant les solstices modernes de Greenwich et de Cambridge à ceux de Bradley. (London, MAS, XI, 1840, 86.). . 45,00

1844. C. A. F. Peters, par les solstices de Dorpat comparés à ceux de Bradley. (ANn, XXI, 1844, 89.) 46,45

1844. C. A. F. Peters, en mettant dans les formules de l'attraction les meilleures valeurs des masses des planètes. (ANn, XXI, 1844, 90.) 47,38

1853. Olufsen, par les observations. (*Hansen & Olufsen,* Tables du Soleil, 4°, Copenhagen, 1853, p. 5.) 46,784

1856. Le Verrier, par la théorie de l'attraction. (Paris, MOb, II, 1856, 174.) 47,566

1858. Le Verrier, par les observations d'un siècle. (Ibid., IV, 1858, 51.) 45,76

1867. Lehmann, par les formules de l'attraction. (ANn, LXVIII, 1867, 172.) 47,244

1872. Powalky, en altérant un peu, d'après les dernières recherches, les masses de Le Verrier. (ANn, LXXX, 1873, 111.) 47,00

1879. Vande Sande Bakhuijzen, par le calcul, en employant les dernières valeurs des masses des planètes (*Vande Sande Bakhuijzen,* Bepaling van de helling der ecliptica, 8°, Leiden, 1879; p. 78.) 47,59

L'idée de la coïncidence de l'équateur avec l'écliptique et de l'équinoxe perpétuel qui devait en résulter, a été exprimée en différents temps. On la trouve dans

Plutarchus, De placitis philosophorum, lib. II, cap. 8;

Fracastor, H., Homocentrica, 4°, Venetiis, 1535;

Whiston, W., Theory of the Earth from its original to the consummation of all things, 8°, London, 1696, p. 107;

Pluche, N., Spectacle de la nature, 8 tom. en 9 vol. 12°, Paris, 1732; vol. III, p. 526.

Cette idée a été réfutée de très-bonne heure par

Louville, dans Lipsia, AcE, 1719;

puis par

Godin, dans Paris, H & M, 1734, 491;

enfin, avec plus d'autorité, par *Laplace,* qui a donné $\mp$ 1° 21′ pour limites au déplacement du plan de l'écliptique par rapport à lui-même. (Paris, H & M, 1789, 6.)

Pour tout ce qui concerne la théorie de ces phénomènes, il faut voir notre chap. V. On se contentera de rappeler ici que l'amplitude de la variation d'obliquité ne dépend

pas seulement du déplacement du plan de l'écliptique, mais aussi de celui de l'équateur, entraîné avec le ménisque du globe. Cette amplitude est délicate à déterminer.

Elle a été évaluée pour la première fois par *Laplace,* en 1825 (CdT, 1827, 234), à

3° 7′ 30″.

Stockwell, en 1873, avec de meilleures valeurs des masses des planètes, et de plus grandes précautions de calcul, donne (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, 1873, p. xij)

2° 37′ 22″.

Les limites de l'obliquité sont, suivant cet auteur,

21° 58′ 36″
et 24 35 58.

§ 86. PRÉCESSION.

La Précession a été découverte en — 127 par *Hipparque,* qui avait comparé ses propres observations à celles de — 284 d'*Aristylle* et *Timocharès.* (Ptolemaeus, MCo [G], lib. III, cap. 2; lib. VII, cap. 1, 2, 3, 13.) La période de la Précession, d'environ vingt-cinq mille ans, ramène les cercles de la sphère dans la même situation par rapport aux étoiles. On l'appelait « apokatastasis » ou restitution. Il en est fait mention dans *Virgile* (Eclogae [L], lib. IV, v. 34). *Dante Alighieri* y fait allusion (Inferno, cant. I, v. 37). Il existait autrefois une opinion, que le monde finirait lorsque cette révolution serait accomplie.

On consultera sur les connaissances et les idées des anciens relativement à la précession :

1147. **Martin, T. H.** Mémoire sur les notions antiques concernant la précession des équinoxes. Paris, Mémoires de l'Académie des Inscriptions, Savants étrangers, t. VIII, part. I, 1869.

L'auteur examine, entre autres questions, si la précession des équinoxes a été connue avant l'époque d'*Hipparque,* et répond négativement.

On ne pouvait obtenir une mesure exacte de la Précession qu'en comparant des observations à long intervalle. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner du désaccord qui existe entre les premières évaluations.

Valeurs attribuées à la Précession annuelle des équinoxes.

—127.	HIPPARQUE, au minimum. Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 2. — *Delambre,* Histoire de l'Astronomie ancienne, 4°, Paris, 1819; t. II, p. 247.).	36″
+138.	PTOLÉMÉE, en comparant ses observations à celles d'Hipparque. (Ptolemaeus, MCo, lib. VII, cap. 2.)	39,9

800. Alfragan, en comparant ses mesures à celles de Ptolémée. (*Alfraganus*, Rudimenta astronomiae, 4°, Norimbergae, 1537, p. 74.) . . . . 36″,0

920. Albategni, en comparant ses longitudes des étoiles à celles données par Ptolémée. (Albategnius, ScS, cap. 51.) . . 54,5

968. Al Soufi. (Rapporté par *E. Bernard,* dans London, PTr, 1684, 576.) 54,55

1080. Arzachel. (Cité par Ricciolus, Alm, I, 1651, 168.) . . . 48,0

1100 ∓ Bhaskara. (*Burgess,* Translation of the Sûrya Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; p. 104.) 59,90

1150 ∓ Aben Ezra. (Rapporté par *Riccioli,* l. c.) 51,43

1210. Thebit ben Corrah. (Rapporté par *Riccioli,* l. c.) 48,0

1250. Alphonse. (Coelestium motuum tabulae, imprimées pour la première fois à Venise, 4°, 1483.) 26,45

1260 ∓ Nassir Eddin (Rapporté par *E. Bernard,* l. c.) 51,43

1346. Chrysococca, d'après les observations des Persans. (Rapporté par *E. Bernard,* l. c.) 52,4

1437. Ulug-beg, en comparant ses longitudes à celles de Ptolémée. (*Hyde,* Tabulae stellarum fixarum ex observationibus Ulugbeighi, 4°, Oxonii, 1665; praef., p. 4.) 51,4

1525. Copernic, en comparant les longitudes de cette époque à celles de Ptolémée. (Copernicus, Rev. 1543, lib. III, cap. 6.) 50,20

1538. Fracastor. (Homocentrica, 8°, Veronae; sect. II, cap. 9.) . . 36,0

1588. Tycho Brahé, par le changement des longitudes. (T. Brahaeus, AiP, 1648, 254.) 51,0

1589. Lansberg. (Lansbergius, Tab, 1632; praecept. iv et xi.) . . 46,28

1622. Longomontanus. (Astronomia danica, fol., Amstelodami; part. II, lib. i, cap. 2 et 4.) 49,75

1644. Wendelin. (Eclipses lunares, 4°, Antverpiae, 1644.) . . . 50,78

1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, 1645; lib. II, cap. 3.) . . . 51,0

1651. Riccioli. (Ricciolus, Alm, I, 1651, 168.) 50,0

1712. Flamsteed. (Flamsteedius, His, III, 1725, proleg, 162.) . . 50,0

1719. Halley. (Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749, p. Dd.) . 50,0

1740.	J. Cassini, par les observations récentes comparées à celles de Copernic et de T. Brahé. (J. Cassini, Elm, 1740, 49.) . .	50″,53
1757.	La Caille. (La Caille, AFa, 1757, 6.)	50,35
1767.	Tob. Mayer. (Theoria Lunae, dans ses New and corrected tables of the Moon, 4°, London, 1767.)	50,30
1781.	Lalande, par 200 longitudes de Flamsteed comparées à celles de La Caille. (Paris, H & M, 1781, 540.)	50,25
1787.	Legentil, par la comparaison avec les observations d'Hipparque. (Paris, H & M, 1787, 550).	49,75
1798.	Hornsby. (*J. Bradley*, Astronomical observations, 2 vol. fol., London; vol. I, 1798, p. xx.).	50,07
1800.	Von Zach, en comparant ses observations à celles de Mayer et de Bradley. (MCz, II, 1800, 500.)	50,054
1800.	Triesnecker, en comparant entre eux les catalogues de Flamsteed, de Tobie Mayer et de von Zach. (MCz, II, 1800, 502.)	50,175
1802.	Laplace, par la théorie de l'attraction. (Laplace, TMc, III, 1802; liv. vi, ch. 16.) Valeur pour 1750	50,099 15
1806.	Piazzi, par les observations modernes. (Del reale osservatorio di Palermo, fol., lib. VI, [1806], p. 44.	50,210 56
1814.	Delambre, en comparant les observations récentes à celles de Bradley, de Tob. Mayer et de La Caille. (Delambre, Ast; ch. xvii, t. I, p 490.)	50,1
1817.	Bessel, en comparant ses observations à celles de Bradley. (Bessel, FaA, 1818, 297.) Valeur pour 1750.	50,176 068
1826.	Bessel, après avoir revu ses calculs. (ANn, IV, 1826, 406.) Valeur pour 1750.	50,211 29
1826.	Brinkley, en comparant ses observations à celles de Bradley. (Dublin, Tra_1, XV, 1826, 59.) Valeur pour 1789 . . .	50,217
1844.	C. A. F. Peters, en comparant les observations de Dorpat à celles de Bradley. (ANn, XXI, 1844, 90.) Valeur pour 1800	50,241 1
1844.	O. Struve, en comparant les observations récentes à celles de Bradley, pour des étoiles voisines de la 4e et de la 5e grandeur. (Pétersbourg, Mem, V, 1844, 17.) Valeur pour 1800	50,237

1844. O. Struve, par les étoiles de Bradley, en tenant compte du mouvement propre du système solaire. (ANn, XXI, 1844, 72.) Valeur pour 1790 . . . . 50",234 49

1856. Le Verrier, en remaniant les données de Peters. (Paris, MOb, II, 1856, 174.) Valeur pour 1850 . . . . 50,235 72

1857. Hansen. (Tables de la Lune, 4°, Londres, 1857; p. 16.) . . 50,223 0

1865. Lehmann, en appliquant les formules théoriques aux données de Bradley et de Struve. (ANn, LXIII, 1865, 315.) Valeur pour 1800 . . . . 50,241 9

1869. Nyrén, en comparant entre eux, pour des étoiles d'un faible éclat, des catalogues qui embrassent les 40 dernières années. (*Nyrén,* Försök till Bestämning af Precessionskonstanten medelst ljussvaga stjernor; dans Upsala Universitets Årsskrift, 8°, Upsala; année 1869, n° 1. — Pétersbourg, Bul_3, XIV, 1869, 535.) Valeur pour 1800. . . . . . 50,188 2

1873. Stockwell, par la théorie de l'attraction. (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, 1873, p. xii.) Valeur moyenne 50,438 239

D'après *Stockwell* (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, 1873, p. vij), les limites de la Précession totale sont

48",212 398
et 52,664 080.

La période moyenne de la rotation du pôle de l'équateur autour de celui de l'écliptique est, d'après le même auteur,

25 694, 8 ans,

avec des inégalités qui peuvent l'altérer de $\mp$ 281, 2 ans. L'écart de l'équinoxe par rapport à son lieu moyen est renfermé dans une limite de

3° 56′ 26″.

La Précession a pour effet de raccourcir la durée de l'année; ses variations sont également sensibles sur cette durée. Voyez à ce sujet :

1148. Laplace, P. S. de. Sur les variations de l'obliquité de l'écliptique, du mouvement des équinoxes en longitude et de la longueur de l'année solaire. Paris, H & M, 1789, 6.

Un effet moins remarqué de la précession, c'est la diminution du jour qui résulte de l'augmentation séculaire dans la vitesse du point vernal. L'accélération est, en effet, fort lente. *J. A. Serret* l'a calculée (**Paris, MOb, V, 1859, 335**); il trouve que le jour ne serait pas raccourci, par cette cause, de $0^s, 2$ en cent mille siècles. La diminution du jour est de 0^s, 000 001 136 par siècle.

§ 87. NUTATION.

La Nutation de l'axe de la Terre a été d'abord indiquée par *Newton* (Newtonus, PPm, 1687, lib. III, prop. 21), comme résultat de la théorie de l'attraction; mais ce grand géomètre en croyait l'effet trop faible pour être appréciable. *Flamsteed*, qui observait alors à Greenwich, essaya cependant de la reconnaître, et choisit pour cet examen, vers l'année 1690, certaines étoiles zénitales (**Flamsteed, His, III, 1725, 113**); mais il ne réussit pas à la mettre en évidence. *Roemer,* au contraire, trouvait, quelques années plus tard, de petits mouvements en déclinaison, dont il espérait démêler la loi, laquelle lui paraissait celle d'une nutation (MS de *Roemer* cité : *Horrebowius,* Basis Astronomiae, 8°, Havniae, 1738; p. 66).

Bradley chercha à son tour, les déplacements des étoiles causés par la Nutation. Il commença dans ce but, en 1727, une série d'observations qui l'amena d'abord à la découverte de l'Aberration (§ 84 ci-après); puis au bout de neuf années il vit clairement s'accuser le rebroussement du mouvement de nutation, qu'il suivait depuis une demi-période. Il en annonça l'existence aux astronomes français (*Le Monnier,* dans **Paris, H & M, 1745, 513, 519; Le Monnier, Ins, 1746, xlvij**); Il la publia enfin dans la lettre célèbre :

1149. **Bradley, J.** A letter to the Earl of Macclesfield concerning an apparent motion observed in some fixed stars. **London, PTr, 1748, 1.** — Reproduit dans *Bradley*. Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p 17

Le tableau qui suit renferme les valeurs obtenues dans les principales recherches entreprises pour la détermination du coefficient principal ou lunaire de la Nutation. Pour les termes secondaires, on consultera les collections de formules renseignées plus bas, § 89.

Valeur du coefficient principal de la Nutation.

1747. Bradley, par les observations qui l'avaient amené à la découverte de la Nutation. (**London, PTr, 1748, 1.**). . . . . 9″,0

1752. T. Mayer, d'après ses observations de Gottingue. (**Gotinga, Cii, II**) 9,65

1774. Maskelyne, par toutes les observations de Bradley. (Tables for computing the apparent places of the fixed stars, fol., London, 1774.). 9,55

1778. EULER, par la théorie de l'attraction. (Petropolis, Act., 1778, 202.). 9",648

1799. LAPLACE, par la théorie, en employant la masse de la Lune tirée des marées. (Laplace, TMc, II, 1799, liv. v, ch. 1.) 10,056

1806. VON ZACH, par ses observations à Gotha. (Tabulae speciales aberrationis; Gothae, 2 vol. 4°, t. I.) 9,648

2816. VON LINDENAU, en discutant les observations de la Polaire de Bradley, de Maskelyne, de Pond, de Bessel et les siennes propres. (ZfA, I, 1816, 65, et Berlin, Abh, 1841, I, Math, 62.) . . . 8,977 07

1819. PIAZZI, par les observations de α Lyrae en 1791, 1792 et 1802. (Napoli, Att_1, I, 1819, 343.) 9,681 98

1820. LAPLACE, d'après les observations de la Polaire. (CdT, 1822, 292.). 9,30

1821. BRINKLEY, par 1628 observations d'étoiles. (London, PTr, 1821, 347) 9,250

1832. PLANA, par les déclinaisons de la Polaire observées à Milan et à Turin. (*Plana,* Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, 1832, p, 34.) 8,925

1836. BUSCH, en discutant les observations zénitales de Bradley, de 1727 à 1747. (ANn, XIII, 1836, 329.) 9,232 0

1838. HENDERSON, en employant la valeur de la parallaxe lunaire que lui ont fournie ses observations du Cap. (London, MAS, X, 1838, 294.) 9,28

1840. ROBINSON, par les observations de la Polaire et de 14 autres étoiles au cercle vertical de Troughton, à Greenwich. (London, MAS, XI, 1840, 18.) 9,239 13

1841. SCHIDLOFFSKY, en discutant les observations de la Polaire à Dorpat. (ANn, XVIII, 1841, 293.) 9,219

1844. C. A. F. PETERS, par les passages méridiens de la Polaire, observés à Dorpat, 1822-1838. (Pétersbourg, Mem, III, 1844, 125.) . 9,216 4

1844. LUNDHAL, par les hauteurs méridiennes de la Polaire, observées à Dorpat, 1822-1838. (Specimen academicum de numeris nutationis et aberrationis constantibus, 4°, Helsingforsiae, 1842.) . 9,236 3

1854. MAIN, par des observations de γ Draconis à l'instrument zénital de Greenwich, 1837-1848. (London, MAS, XXIV, 1856, 186.). . 9,323

1856. LE VERRIER, en revoyant la discussion de Peters. (Paris, MOb, II, 1856, 174.). 9,23

1869. E. J. Stone, par les observations des fondamentales circompolaires, à Greenwich, 1851-1865. (London, MAS, XXXVII, 1869, 249.) 9",134

1872. Nyrén, d'après les observations dans le premier vertical à Poulkova. (Pétersbourg, Mem, XIX, 1873, n° 2.) 9,236 0

Un essai a été fait par *Brinkley,* pour déterminer par l'observation le coefficient de la nutation solaire. Mais bien que l'allure des chiffres indiquât l'existence du terme solaire, dans le sens assigné par la théorie, l'auteur dut reconnaître que le coefficient cherché était trop petit pour être déduit avec quelque précision des observations elles-mêmes (Dublin, Tra_1, XIV, 1825, 5).

Tout ce qui touche aux causes de la Précession et de la Nutation est renvoyé au chap. V, qui traite de la Mécanique céleste.

§ 88. ABERRATION.

Maxime de Tyr fut le premier à émettre l'idée que la propagation de la lumière, bien que très-rapide, n'est pas instantanée (*Maximus Tyrius,* Dissertationes [G, IIe siècle], Cantabrigae, 1503; lib. xxviii, cap. 7). En 1676 *Roemer* aperçut (JdS_1, 1676, déc. 7) que les éclipses des satellites de Jupiter retardent d'autant plus que la Terre s'éloigne davantage de cette planète; il attribua cet effet à la différence des temps employés par la lumière pour parvenir jusqu'à nous (Paris, His, X, 1730, 575). Toutefois cette conclusion ne fut pas admise immédiatement. *J. D. Cassini* y résista. *Halley* fut le premier à l'accepter d'une manière positive (London, PTr, 1694, n° 214). *J. P. Maraldi* croyait l'inégalité plus grande pour les satellites II, III et IV, que pour le satellite I (Paris, H & M, 1707, 25). *Pound* fit définitivement admettre la correction pour la vitesse de la lumière (London, PTr, 1719, 1021).

L'effet de l'Aberration sur les positions apparentes des étoiles ne fut remarqué qu'après celui sur les satellites. Il est vrai que de 1663 à 1672 *Picard* avait vu de petits déplacements annuels dans les positions des étoiles (*Picard,* Voyage d'Uranibourg, fol., Paris, 1680; p. 18, — réimpr. dans Paris, ROb, 1693); mais il n'en avait reconnu ni la loi, ni la cause. *Hooke,* de son côté, avait constaté de petits mouvements par trois observations de γ Draconis, en juillet, août et octobre 1669 (*Hooke,* An attempt to prove the motion of the Earth, 4°, London, 1674) : il les attribua à tort à la parallaxe. *Flamsteed* commit la même erreur, en 1689, lorsqu'il trouva un déplacement annuel de 40″ en déclinaison à α Ursae minoris, déplacement dont la loi, comme le fit remarquer *J. Cassini* (Paris, H & M, 1699, 177) n'était point celle de la parallaxe. *Manfredi* avait aussi aperçu, en 1720, dans les ascensions droites relatives de α Bootis et de Sirius, des variations que la parallaxe ne pouvait expliquer Bononia, Cii, I, 1731, 673). Mais ce fut *Bradley* qui, se trouvant en présence de mouvements semblables, les attribua à leur véritable cause, l'Aberration :

1150. Bradley, J. A letter to Dr. Ed. Halley, giving an account of a new-discovered motion of the fixed stars. London, PTr, 1728, 637. —

Reproduit : *Bradley*, Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 1.

L'Aberration est tellement liée à la Nutation, dans les mouvements apparents des étoiles, que les déterminations de l'une sont en quelque sorte subordonnées à celles de l'autre. C'est vers une même époque qu'on a commencé à les mesurer, et c'est en même temps aussi que ces mesures ont acquis de la précision.

Valeurs du coefficient de l'Aberration.

1728. Bradley, par les observations qui l'ont amené à la découverte de l'Aberration des étoiles. (**London, PTr, 1728, 637.**) . . . . 20",25

1746. Le Monnier, en vérifiant les observations de Bradley. (**Le Monnier, Ins, 1746, 96.**) 20

1748. Bradley, par les étoiles qui l'ont conduit à reconnaître la Nutation. (**London, PTr, 1748, 1.**) 20,0

1757. La Caille, par ses observations d'étoiles. (**La Caille, AFa, 1757, 6.**) 20

1786. Delambre, en discutant un millier d'éclipses du I[er] satellite de Jupiter. (**CdT, 1788**; aussi **Delambre, Ast, ch. xxix, t. III, 1814, p 106.**) 20,255

1806. Von Zach, par ses observations d'étoiles à Gotha. (*Zach,* Tabulae speciales aberrationis, 2 vol. 4°, Gothae, t. I.). 20,25

1815. Von Lindenau, par 1577 hauteurs méridiennes de la Polaire dans divers observatoires. (**BaJ, 1818, 251; 1820, 210,** et **ZfA, 1816, 16.** — Comparez **Berlin, Abh, 1841, I. Math, 62.**). . 20,448 6

1816. Von Lindenau, par 810 ascensions droites de la Polaire de Bradley, Maskelyne, Pond et Bessel. (**ZfA, I, 1816, 65.**) 20,609 6

1817. Bessel, en discutant les observations de Bradley. (**Bessel, FaA, 1818, 123.**) 20,475

1819. Piazzi, par les observations de Palerme. (**Napoli, Att$_1$, I, 1819, 343.**) 20,229

1819. Brinkley, par 166 observations de 6 circompolaires. (**London, PTr, 1819, 241.**) 20,80

1821. Brinkley, par 2 633 observations de nombreuses étoiles. (**London, PTr, 1821, 350.**) 20,37

1823. F. Struve, par 693 observations de circompolaires à Dorpat. (Dorpatum, Obs, III, 1823, lxiv.) . . . . 20″,349 29

1831. Richardson, par 4119 observations de 14 circompolaires aux deux muraux de Greenwich, 1825-1828. (London, MAS, IV, 69.) 20,503

1836. Busch, par les observations de Bradley à Kew et Wandsted, 1727-1747. (ANn, XIII, 1836, 337.) 20,211 6

1840. Henderson, par les observations de Sirius au Cap. (London, MAS, XI, 1840, 248.) 20,41

1841. F. Struve, par les observrtions de υ Ursae majoris au premier vertical, à Dorpat. (ANn, XVIII, 1841, 290.) 20,493

1842. Henderson, par les observations de α Centauri au Cap. (London, MAS, XII, 1842, 370.). 20,521 6

1842. C. A. F. Peters, par les passages de la polaire à Dorpat, 1822-1838. (Pétersbourg, Bul_1, X, 1842, n° 10.) 20,425 5

1842. Lundhal, par les déclinaisons de la Polaire à Dorpat, 1822-1838. (Pétersbourg, Bul_1, X, 1842, n° 10.) 20,550 8

1843. F. Struve, par sept étoiles au premier vertical de Dorpat. (Pétersbourg, Bul_2, I, 1843, n° 17. — ANn, XXI, 1844, 58.). 20,445 1

1844. C. A. F. Peters, par les hauteurs de la Polaire au cercle vertical de Poulkova. (ANn, XXII, 1845, 122.) 20,503

1849. Weyer, par les observations de β Draconis au premier vertical, à Berlin. (ANn, XXIX, 1849, 199.). 20,276 7

1850. Maclear, par ses observations de α Centauri, au Cap. (London, MAS, XX, 1850, 98.) 20,53

1851. Maclear, par ses observations de β Centauri, au Cap. (London, MAS, XXI, 1851, 152.). 20,59

1853. Lindhagen, par les ascensions droites de la Polaire à Poulkova. (Pétersbourg. MSm_2, VII, 1853, 523. Reproduit : Poulkova, Rec, I, 1853, 233.) 20,498

1854. Main, par les observations de γ Draconis à l'instrument zénital de Greenwich, 1837-1848. (London, MAS, XXIV, 1854, 186.) — La parallaxe négative trouvée pour l'étoile jette du doute sur le résultat 20,058

1861. Main, par la suite de ces observations, 1852-1859. (London, MAS, XXIX, 1861, 190.) 20,335

Nous croyons devoir ajouter ici l'indication des mesures directes, qui ont été faites jusqu'à ce jour, de la vitesse de la lumière.

1151. **Fizeau, H.** Sur une expérience relative à la vitesse de propagation de la lumière. **Paris, Crh, XXIX, 1849, 90.**

1152. **Foucault, L.** Détermination expérimentale de la vitesse de la lumière. **Paris, Crh, LV, 1862, 501, 792.**

1153. **Cornu, A.** Détermination de la vitesse de la lumière d'après les expériences exécutées en 1874 entre l'Observatoire et Montlhéry. **Paris, MOb, XIII, 1876, A1.**

1154. **Michelson, A. A.** Experimental determination of the velocity of light made ad the U. S. Naval Academy, Annapolis. **Washington, Ast, I, 1880, 115.**

En 1766, *Boscovich* a émis l'idée que la lumière, après avoir traversé une certaine épaisseur d'un milieu plus dense que l'air, d'eau par exemple, accuserait une aberration plus forte, et il proposait, pour s'en assurer, l'emploi d'un télescope rempli d'eau (*Boscovich*, Opa, II, 1785, 286).

Cette question ayant été soulevée de nouveau dans ces dernières années, des essais avec un télescope rempli d'eau furent institués à Greenwich. On peut voir sur ce sujet :

1155. **Airy, G. B.** On a supposed alteration in the amount of astronomical aberration of light produced by the passage of light through a considerable thickness of refracting medium. **London, Pro, XX, 1872, 35; XXI, 1873, 121.** — Reproduit : **PMg_4, XLIII, 1872, 310; XLV, 1873, 306.**

Comparez **Greenwich, Obs, 1871, cxix.**

En ce qui touche le calcul des dérangements apparents des étoiles par suite de l'aberration de la lumière, on consultera, outre les traités généraux et les sources mentionnées ci-après au § 89, les mémoires ou ouvrages suivants :

1156. **Clairaut, A. C.** De l'aberration apparente des étoiles, causée par le mouvement progressif de la lumière. **Paris, H & M, 1737, 205.**

1157. **Simpson, T.** Essays on several curious and useful subjects in mathematicks; 4°, London, 1740.

1158. **Klingenstierna, S.** Dissertatio de aberratione stellarum fixarum, orta ex motu luminis successivo; 2 part. 4°, Upsaliae, 1742-1746.

1159. **Fontaine des Crutes.** Traité complet sur l'aberration des étoiles fixes; 8°, Paris, 1744.

Cet ouvrage a été préparé avec la coopération de *Le Monnier.*

1160. **Duraeus, S.** Formler hvarefter fix-stiernornas ärliga aberrationer kunna uträknas. **Stockholm, Hdl_1, 1750, 198.**

1161. **Boscovich, R. G.** De calculanda aberratione astrorum orta e propagatione luminis successiva. **Boscovich, Opa, V, 1785, 417.**

1162. **Delambre, J. B. J.** Méthode pour tenir compte de l'excentricité de l'orbite terrestre, dans les calculs de l'aberration. **CdT, 1803, 344.**

1163. **Cagnoli, A.** Effettos dell' aberrazione.

Dans sa Trigonometria piana e sferica, 2e éd. 4°, Bologna, 1804 et trad. franç. 4°, Paris, 1808; n° 1529-1537.

1164. **Bessel, F. W.** Uber die Aberration der Planeten und Cometen. **ANn, XII, 1835, 121, 137.** — Reproduit : **Bessel, Abh, I, 1875, 307.**

1165. **Oppolzer, T. von.** Eine Bemerkung über die Berechnung der Aberration. **ANn, LXV, 1865, 381; LXVI, 1866, 31.** — Avec remarques de *S. Newcomb,* **LXVII, 1866, 347.**

S'il s'agit d'astres mobiles, tels que les planètes ou les comètes, on recourra à

1166. **Euler, L.** Mémoire sur l'effet de la propagation successive de la lumière dans l'apparition tant des planètes que des comètes. **Berlin, H & M, 1746, 141.**

1167. **Delambre, J. B. J.** Formules d'aberration pour les planètes. **CdT, 1810, 446.**

On a calculé des tables pour l'aberration des étoiles, soit en général, soit pour des étoiles désignées. Ce système est aujourd'hui abandonné pour celui des constantes à employer dans les calculs de réduction, constantes que l'on donne pour chaque étoile dans les catalogues.

Parmi les tables générales, il faut citer :

1168. La Caille, N. L. de. Tabulae stellarum aberrationis.

Dans La Caille, AFa, 1757, 10-21, tab. xvj-xix.

Ces tables sont calculées de 5° en 5°. Elles ont été développées dans

Éphémérides des mouvements célestes, 4°, Paris; t. VII, revu et publié par *Lalande,* 1774, pour les années 1775 à 1784.

On trouve des tables analogues, de 15° en 15°, dans la CdT, 1781, 220.

Des tables pour les planètes ont été données par

1169. Delambre, J. B. J. Tables pour l'aberration des planètes.

Dans : Éphémérides des mouvements célestes, 4°, Paris; t. VIII, par *Lalande,* 1783, pour les années 1785-1792; p. cj.

§ 89. CORRECTION DES LIEUX APPARENTS.

Il s'agit ici plus spécialement des corrections de précession et de nutation, et accessoirement de celles d'aberration dont il a été parlé plus spécialement au § précédent.

1170. Bohnenberger, J. G. F. von. Ueber die Präcession der Fixsterne in gerader Aufsteigung und Abweichung. ZfA, I, 1816, 124. — Avec un exemple de calcul p. 270.

Bessel a adopté ces formules dans ses Tab, 1830, iv, xvj, xxj.

1171. Plana, J. Ueber die durch die Secular-Bewegung der Ecliptic bewirkten Veränderungen in der Lage der Fixsterne. ZfA. IV, 1817, 265.

1172. Bessel, F. W. Formeln zur genau Berechnung der Nutation... ZfA, VI, 1818, 216. — Reproduit: Bessel, Abh, I, 1875, 291.

1173. Bessel, F. W. Fundamenta Astronomiae pro anno 1755 deducta ex observationibus Bradley in Specula astronomica grenovicensi per annos 1750-1762 institutis; fol., Regiomonti, 1818.

Voir p. 287 et suiv.; ou plutôt, après révision par l'auteur :

1174. Bessel, F. W. Mittheilung einiger Vorbereitsrechnungen. ANn, II, 1824, 158.

1175. **Baily, F** On the construction and use of some new tables for determining the apparent places of nearly 3000 principal fixed stars. **London, MAS, II, 1826, append.**

Voir notamment p. x-xv.

1176. **Poisson, S. D.** Mémoire sur le mouvement de la Terre autour de son centre de gravité. **Paris, Mém$_2$, VII, 1827, 199.**

On a fait remarquer que ce mémoire, précieux pour les développements théoriques, contient certaines erreurs de mise en nombres.

1177. **Largeteau, C. L.** Tables de précession, d'aberration et de nutation pour 65 étoiles principales. **CdT, 1833, 144.**

Ces tables sont précédées d'un tableau des formules employées.

1178. **Peters, C. A. F.** Numerus constans nutationis ex ascensionibus rectis stellae polaris, in Specula dorpatensi 1822-1838 observatis, deductus; adjecta est disquisitio theoretica de formula nutationis; 4°, Petropoli, 1842.

Les formules sont reproduites dans **ANn, XXI, 1844, 81.**

1179. **Serret, J. A.** Des formules de la précession et de la nutation. **Paris, MOb, V, 1859, 302.**

Expressions numériques aux pages 324 et 330.

1180. **Nyrén, M.** Bestimmung der Nutation der Erdachse. **Pétersbourg, Mém, XIX, 1872, n° 2.**

Formules de la nutation, p. 57 et suiv.

1181. **Oppolzer, T. von.** Praecessions- und Nutationscoefficienten. **ANn, C, 1881, 165.**

Les réductions sont un peu plus longues à calculer lorsqu'il s'agit d'un intervalle de temps considérable, parce qu'il faut alors tenir compte du défaut d'uniformité de la précession. Elles sont aussi plus laborieuses pour les étoiles voisines des pôles de l'équateur. On peut indiquer au sujet de ces difficultés :

1182. **Valz, B.** Variation séculaire de précession, en ascension droite et en déclinaison. **ANn, XXIV, 1846, 301.**

1183. **Carrington, R. C.** On the application of the formulae for precession in the case of stars near the pole. **London, MNt, XVII, 1857, 260.**

1184. **Encke, J. F.** Hülfstafeln für die Uebertragung von Stern Oertern auf entfernte Zeiten. **BaJ, 1866, 331.**

1185. **Fabritius, W.** Ueber eine strenge Methode zur Bestimmung des Orts von Polarsternen. **ANn, LXXXVII, 1876, 113, 129.**

Parmi les tables de réduction, dans la forme moderne, il faut signaler :

1186. **Groombridge, S.** Universal tables for the reduction of the fixed stars; 4°, London, 1821.

1187. **Bessel, F. W.** Tabulae regiomontanae reductionum observationum astronomicarum ab anno 1750 usque ad annum 1850 computatae; 8°, Regiomonti, 1830.

1188. *** Tables to facilitate the reduction of places of the fixed stars, prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac; 8°, [Washington], 1869.

1189. **Struve, O.** Tabulae quantitatum besselianarum quibus apparentes stellarum positiones in medias convertuntur, pro annis 1750 ad 1840 computatae; 8°, Petropoli, 1869.

Des tables semblables	pour les	années	1840-1864,	8°, Petropoli,	1861;
»	»	»	1865-1874,	»	1867;
»	»	»	1875-1879,	»	1871.

CHAPITRE IV.

ASTRONOMIE THÉORIQUE.

Nous comprenons sous ce titre le calcul des positions tant héliocentriques que géocentriques des astres qui se meuvent autour du Soleil comme foyer, ainsi que la détermination des éléments de leurs orbites. Aux positions géocentriques, nous rattachons le calcul des parallaxes, et avec ce calcul celui des éclipses, des passages des planètes inférieures devant le Soleil et des occultations. Nous joignons enfin les apparences des mouvements des satellites et de la rotation des corps célestes. Toutes ces théories sont purement mathématiques.

§ 90. TRAITÉS D'ASTRONOMIE THÉORIQUE.

Nous allons mentionner en premier lieu quelques ouvrages principaux, qui embrassent plus ou moins exactement le champ que nous venons de définir :

1190. **Capellus** [**Capelli**], **A.** Astrosophia numerica, sive astronomica supputandi ratio; 5 vol. 4°, Venetiis, 1733-1748.

Les vol. I, 1733, et II, 1736, forment la « pars prior, » traitant des coordonnées sphériques des corps célestes, d'une nouvelle méthode des éclipses, de la solution des problèmes astronomiques et du calcul des éphémérides. Le vol. III, 1736, est intitulé « pars posterior, » et renferme des tables des planètes et des tables logarithmiques. Le vol. IV, 1737, est un « Supplementum » où l'auteur donne les théories du Soleil et de la Lune, d'après les lois de l'attraction newtonienne. Enfin le vol. V, 1748, est nommé « Supplementum supplementi, » consacré aux tables des étoiles.

1191. **Duséjour, D.** Traité analytique des mouvements apparents des corps célestes; 2 vol. 4°, Paris, 1786-1789.

Le vol. I renferme trois livres, savoir : I, théorie des éclipses et des passages des planètes devant le Soleil; II, détermination des éléments d'une éclipse ou d'un passage d'après les observations, calcul des occultations, calcul des parallaxes, détermination des éléments de la rotation du Soleil et de la Lune; III, apparences des éclipses,

éclairement de la Lune éclipsée, calcul de l'intensité de la lumière cendrée, gnomonique.

Le vol. II est aussi divisé en trois livres : I, géodésie sur l'ellipsoïde; II, calcul des phases de l'anneau de Saturne et détermination des éléments de cet anneau; III, mouvement héliocentrique et calcul des orbites des comètes.

1192. Schubert, F. T. Theoretische Astronomie; 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798.

Traduction.

Traité d'Astronomie théorique (mis en français par l'auteur); 3 vol. 4°, St-Pétersbourg, 1822. — Nouv. édit., 3 vol. 4°, Hambourg, 1834.

Dans le vol. I, l'auteur traite des mouvements apparents : le mouvement diurne, le cours du Soleil, la mesure du temps, les parallaxes, la réfraction. Le vol. II est consacré aux mouvements réels : la rotation et la révolution de la Terre, l'Astronomie stellaire, le système planétaire, au sujet duquel il discute l'hypothèse des excentriques et la théorie elliptique, la rotation des planètes, les éclipses et les passages devant le Soleil, les mouvements des satellites, le calcul des orbites des comètes. Dans le vol. III sont exposées les lois et les causes des mouvements : l'action des forces centrales, les lois de Képler, la gravitation universelle, le mouvement des corps célestes autour de leur centre de gravité, le calcul des perturbations et la théorie de la Lune.

1193. Schön, J. Grundriss der gesammten theoretischen Astronomie mit einem Anhange über den Kalender; 8°, Nürnberg, 1811.

1194. Watson, J. C. Theoretical Astronomy relating to the motions of the heavenly bodies revolving around the Sun; 8°, Philadelphia, 1868. — 2e édit., 8°, Philadelphia, 1878.

Calcul des lieux héliocentriques, calcul des lieux géocentriques, détermination des orbites des planètes et des comètes, correction des éléments approchés, calcul des perturbations spéciales.

1195. Frischauf, J. Grundriss der theoretischen Astronomie aus der Geschichte der Planetentheorien; 8°, Graz, 1871.

1196. Klinkerfues, W. Theoretische Astronomie; 2 vol. 8°, Braunschweig, 1871-1872.

Vol. I. Abschnitt I : Mouvement héliocentrique, calcul des coordonnées dans les trois espèces de coniques, théorème de Lambert, précession, parallaxes, aberration. Abschnitt II : Recherche des éléments d'après les observations, et notamment détermination des orbites circulaires d'après deux positions observées. Abschnitt III : Application aux comètes; l'auteur traite entre autres un exemple dans lequel le plan

fondamental est l'équateur au lieu de l'écliptique. Abschnitt IV : Discussion de l'équation du 8e degré pour le calcul du rayon vecteur moyen, degré de précision des éléments, formules pour l'hyperbole.

Vol. II. Abschnitt V : Détermination de l'orbite d'après quatre positions. Abschnitt VI : Correction des éléments par un grand nombre d'observations, au moyen de la méthode des moindres carrés. Abschnitt VII : Calcul des orbites des étoiles doubles. Abschnitt VIII (marqué IX par erreur) : Calcul des orbites des météores et des étoiles filantes.

§ 91. NATURE DU MOUVEMENT HÉLIOCENTRIQUE.

Les premiers astronomes partaient de l'idée de mouvements circulaires, les plus simples de tous. Mais l'hypothèse d'un cercle, dont l'observateur occupe le centre, s'étant bientôt trouvée insuffisante, différentes théories furent proposées pour y suppléer.

Suivant *Simplicius,* les excentriques auraient été imaginés par les pythagoriciens (*Simplicius,* Scholia in Aristotelis De coelo et mundo [G], lib. II). L'hypothèse des épicycles ne vint que plus tard. On la devrait à *Apollonius* de Perge, en Pamphilie, qui florissait vers l'an — 125, et qui en avait fait une exposition (**Ptolemaeus, MCo, lib. XII, cap. 1**); mais son travail ne nous est pas parvenu.

Au XIIIe siècle, *Alphonse* reconnut que les épicycles eux-mêmes ne suffisaient pas pour représenter les mouvements de Mercure, et il parla d'un ovale (*Alfonso,* Libros del saber de Astronomia, 5 vol. fol., Madrid; t. III, 1864, p. 278, dans le traité De las láminas, lib. II, cap. 9). Il ne fut pas le seul à s'apercevoir de cette insuffisance. *Reinhold* y revint au XVIe siècle, déclarant ovales les orbites de Mercure et de la Lune (*Reinholdus,* Georgii Purbachii theoricae novae planetarum, pluribus figuris auctae et illustratae scholiis, 8°, Vitembergae, 1542; de Mercurio, cap. 3 et 4).

Enfin, en 1609, dans son mémorable travail sur l'orbite de Mars, *Képler* reconnut que la courbe décrite par cette planète est une ellipse, dont le Soleil occupe un des foyers (*Keplerus,* Astronomia nova, part. IV, cap. 59; dans ses Opera, t. III, 1860, p. 401). Plus tard, étendant sa conclusion, il regarda cette conique comme la vraie trajectoire de toute planète autour du Soleil (*Keplerus,* Harmonice mundi, 1619, lib. V, cap. 3; dans ses Opera, t. V, 1864, p. 278).

Képler, on le sait, ne s'arrêta pas à ce premier résultat; en 1618, il arriva, à la suite d'essais nombreux, à découvrir la relation si remarquable qui existe entre les carrés des temps des révolutions des planètes, et les cubes des grands axes de leurs orbites (*Keplerus,* Harmonice mundi, fol., Lincii Austriae, 1619; lib. V, cap. 31, p. 189; dans ses Opera, t. V, 1864, p. 279). Puis, en 1622, il annonça l'importante loi des aires (*Keplerus,* Epitome Astronomiae copernicanae, lib. V, part. I, cap. 4; dans ses Opera, t. VI, 1866, p. 410), qui complétait l'expression expérimentale des mouvements planétaires.

On ne s'occupe plus aujourd'hui que de l'ellipse, qui est, en effet, la trajectoire

réelle des planètes. Aussi parlerons-nous seulement pour mémoire de la cassinoïde, une lemniscate du 4e degré, proposée par *J. D. Cassini* (De l'origine et du progrès de l'Astronomie, 1693; voir plus haut § 42, no 245). On en trouve la théorie exposée dans :

1197. **Gregory, D.** De orbita cassiniana. **London, PTr, 1704, 1704.** — Développé dans ses Astronomiae elementa, 1702 (voir § 37, no 187).

1198. **Leibnitius, G. G.** ... De Astronomia Gregorii ejusque errore circa ellipsim Cassinianam [1705].

Dans le *Leibnitii* et *Bernoullii* Commercium philosophicum et mathematicum, 2 vol. 4°, Lausannae et Genevae; vol. II, 1745, p. 135.

J. Cassini, Elm, 1740, 149.

D'Alembert, dans **Enc., 1751;** mot « **cassinoïde** ».

1199 **Bonati, T. M.** La curva cassiniana, dans Raccolta di opuscoli scientifici e letterari degli autori italiani, 25 vol. 4°, Ferrara, 1779-1796; vol. VIII, 1781.

1200. **Malfatti, G. F.** Della curva cassiniana; 8°, Pavia, 1781.

Ce dernier travail contient un résumé complet sur la cassinoïde, aujourd'hui absolument oubliée.

Il y avait plus de raison dans la proposition de Seth *Ward,* de calculer les mouvements des planètes en supposant ces mouvements uniformes autour du foyer supérieur. C'était un simple moyen d'approximation, qui était commode. L'idée en appartient à *Boulliau* (**Bullialdus, Aph, 1645, 46**). Les formules en ont été données en détail par Seth *Ward* dans son Astronomia geometrica, 8°, Londini, 1656; p. 8.

Street y appliqua une correction, afin de rendre le résultat plus exact (*Street,* Astronomia Carolina, 2nd edit., 4°, London, 1710; p. 40). Sur l'exactitude de cette méthode, on peut voir :

1201. **Mercator, N.** Some considerations concerning the geometrick and direct method of Cassini for finding the apogees, excentricities and anomalies of the planets. **London, PTr, 1670, 1168.**

J. Cassini, Elm, 1740, 147.

Mais on finit par abandonner ces hypothèses, pour attaquer de front les difficultés du mouvement elliptique.

§ 92. FORMULES DU MOUVEMENT ELLIPTIQUE.

Il s'agissait avant tout de passer de l'anomalie moyenne à l'anomalie vraie, en observant la loi des aires. *Képler* avait posé ce problème, qui porte aujourd'hui son nom, et donné un premier moyen de le résoudre (*Keplerus,* Astronomia nova, 1609, part. IV, cap. 59. — Reproduit, *Keplerus,* Opa, III, 1860, 403).

Les principaux auteurs qui ont traité ce point avec quelques détails sont :

1202. Wallis. J. De cycloide, 1659. — Reproduit dans ses Opera, 3 vol. fol., Oxoniae; t. I, 1695, p. 540.

1203. Newtonus, PPm, 1687, lib. I, prop. XXXI, probl. 23. — Comparez Gregory, D. Astronomiae elementa, fol., Oxoniae, 1702.

1204. Lahire P. de. Remarques sur le mouvement des planètes. **Paris, H et M, 1710, 292.**

1205. Keill, J. Problematis kepleriani... solutio newtoniana demonstrata et exemplis illustrata. **London, PTr, 1713, 1.**

1206. Cassini, J. Méthode de déterminer la première équation des planètes, suivant l'hypothèse de Kepler. **Paris, H & M, 1719, 147.** — Comparez **J. Cassini, Elm, 1740, 141.**

1207. Hermann, J. Geminus modus directus dividendi semiculum in data ratione, quibus keplerianum problema de inveniendis planetarum locis ad datum quodvis tempus solutum exhibetur. **Petropolis, Cii, I, 1727, 142.**

1208. Machin, J. The solution of Kepler's problem. **London, PTr, 1738, 205.**

1209. Simpson, T Essays ou several curious and useful subjects in mathematicks; 4°, London, 1740.

Sa méthode est une des plus avantageuses dans l'application.

1210. Cagnoli, A. Trigonometria plana e sferica; 4°, Parigi, 1786. — Traduction française par *Chompré,* 4°, Paris, 1786; p. 396; 2[e] éd., 1808, p. 418, n° 1485.

1211. Ivory, J. A new and universal solution of Kepler's problem. **Edinburg, Tra, V, 1805, 203.**

1212. **Bessel, F. W.** Analytische Auflösung der Kepler'schen Aufgabe. **Berlin, Abh, 1816-17, Math, 49.** — Reproduit : **Bessel, Abh, I, 1875, 17.**

1213. **Hansen, P. A.** Neue directe Auflösung des Kepler'schen Problems. **Berlin, Ber, 1852, 623.** — Aussi : **ANn, XXXV, 1853, 317.**

1214. **Grunert, J. A.** Neue näherungsweise Auflösung der Kepler'schen Aufgabe; 8°, Greifswald, 1856.

1215. **Gasparis, A. de.** Formole e tavole per la soluzione del problema di Keplero. **ANn, XLVI, 1857, 17; XLVII, 1858, 81.**

1216. **Gasparis, A. de.** Regola per la soluzione del problema di Keplero. **Napoli, Ren₃, I, 1862, 131.** — Reproduit en français : **Paris, Crh, LIV, 1862, 1195 et ANn, LVII, 1862, 333.**

1217. **Dubois, E.** Moyen de résoudre graphiquement le problème de Képler. **ANn, LIX, 1863, 177.**

1218. **Howe, H. A.** Three approximate solutions of Kepler's problem. Dans : Proceedings of the Cincinnati Society of natural history, 8°, Cincinnati; vol. II, 1879, p. 205. — Comparez **ANn, XCVII, 1880, 273; XCVIII, 1880, 305.**

Les lecteurs qui désireront connaître comment s'est introduite, dans les calculs astronomiques, la considération des anomalies des différentes espèces, trouveront sur ce point des renseignements intéressants, dans **Lalande, Ast₃, II, 1792, 20.**

Dans les orbites planétaires, qui ne s'écartent pas considérablement du cercle, le calcul de l'équation du centre et celui du rayon vecteur prennent une forme plus simple, et peuvent en particulier dépendre de séries ordonnées suivant les puissances croissantes de l'excentricité.

Ces développements se trouvent dans tous les traités. Nous croyons cependant devoir appeler en outre l'attention sur les travaux ci-dessous :

1219. **Euler, L.** Solutio problematum quorumdam astronomicorum. **Petropolis, Cii, VII, 1740, 97.**

Outre la relation entre l'équation du centre et l'excentricité, l'auteur calcule l'anomalie moyenne qui répond à la plus grande équation du centre.

1220. **Zanotti, F. M.** De formula planetae velocitatem exprimente. **Bononia, Cii, VII, 1791, 223.**

1221. **Oriani, B.** Equazione del centro et raggio vettore dei pianeti primarj. **EpM, 1805, 3.**

Parmi les tables générales qui s'appliquent au mouvement héliocentrique des planètes, il faut citer

1222. **Delambre, J. B. J.** Tables des changements d'équation de toutes les planètes pour chaque degré d'anomalie moyenne. **CdT, 1791, 279.**

Il s'agit du changement de l'équation du centre.

Pour l'intelligence des ouvrages du XVI[e] siècle, il est bon de mentionner que l'équation de l'orbite avait été également désignée par *Képler* sous le nom de « inaequalitas soluta. »

Jusqu'à la fin du XVI[e] siècle on avait toujours regardé les révolutions des planètes comme immuables. On avait bien vu le déplacement des périhélies et des nœuds; mais l'idée n'était pas venue que les moyens mouvements pussent être sujets à des variations. *Képler* émit le premier, dans une lettre à Bernegger, datée de juin 1625 (**Keplerus, Opa, VI, 1866, 617**), la pensée que tous les éléments du mouvement des planètes pourraient être lentement variables.

§ 93. MOUVEMENT GÉOCENTRIQUE.

Les mouvements géocentriques des planètes présentaient de grandes inégalités (*Diodorus siculus*, Bibliotheca historica [G], lib. I; *Diogenes Laertius*, De vitis philosophorum clarorum [G], in proemio). Les Égyptiens en avaient trouvé par l'observation les principaux caractères (*Lucianus,* De astrologia [G], dans le t. II de ses « Opera, » édit. Tauchnitz, 4 vol. 16°, Lipsiae, 1847). Suivant *Sénèque* (Quaestiones naturales [L], lib. VII, cap. 3), *Eudoxe,* qui vivait au commencement du — IV[e] siècle, en avait porté la connaissance d'Égypte chez les Grecs.

Aujourd'hui les mouvements géocentriques ne sont plus considérés que comme des mouvements apparents, et toutes les ressources du calcul sont employées à transformer dans ces mouvements les mouvements réels ou héliocentriques.

Avec l'idée nette que *Copernic* se faisait du système planétaire, vinrent les termes pour définir les situations relatives. Ainsi c'est lui qui introduisit le mot « commutatio, » pour désigner l'angle au Soleil, entre la Terre et une planète.

La « parallaxis annua » étant l'angle à la planète, fournit le moyen de passer, par une simple addition ou soustraction, de la longitude héliocentrique à la longitude géocentrique. On a longtemps fait cette conversion à l'aide de tables, qui ont seulement perdu leur utilité lorsqu'on a exigé de pousser la précision jusqu'aux secondes d'arc ou même au delà. Ces tables peuvent encore rendre de grands services, toutes les

fois qu'il ne s'agit pas d'arriver à la dernière rigueur. On trouve de pareilles tables dans :

Longomontanus, Astronomia danica; 4°, Amstelodami, 1622.

Lansbergius, Tabulae motuum coelestium perpetuae; fol., Middelburgi, 1632. — Reprod. dans ses Opera.

Renerius, Tabulae mediceae secundorum mobilium universales; fol., Florentiae, 1639.

Wing, Astronomia britannica; fol., Londini, 1669.

Greenwood, Astronomia anglicana; fol., London, 1689.

Le calcul par lequel on passe des coordonnées héliocentriques des planètes à leurs coordonnées géocentriques, est développé dans les traités. Nous signalerons seulement ici quelques travaux intéressants qui portent sur cet objet.

1223. **Gauss, C. F.** Einige Bemerkungen zur Vereinfachung der Rechnung für die geocentrischen Oerter der Planeten. **MCz, IX, 1804, 385.** — Reproduit : **Gauss, Wrk, VI, 1874, 94.**

1224. **Puissant, L.** Formules pour passer directement du lieu héliocentrique au lieu géocentrique rapporté à l'équateur. **CdT, 1819, 233.**

1225. **Littrow, J. J.** On the computation of the geocentric places of the planets for Ephemerides. **London, MAS, III, 1829, 145.**

Avec des tables pour faciliter ce calcul.

1226. **Le Verrier, U. J.** Mouvement des corps célestes autour du Soleil : première approximation, mouvement apparent relativement à la Terre. **Paris, MOb, I, 1855, 182.**

Un des éléments auxiliaires employés dans le calcul des positions des planètes relativement à la Terre, ce sont les coordonnées rectangulaires du Soleil par rapport à notre globe. Voyez à ce sujet :

1227. **Carlini, F.** Calcolo delle coordinate ortogonali del Sole riferite all'eclittica ed all' equatore. **EfM, 1834, 46.**

1228. **Oudemans, J. A. C.** Ueber die Reduction der Sonnencoordinaten vom scheinbaren auf das mittlere Aequinox. **ANn, LV. 1857, 115.**

§ 94. STATIONS ET RÉTROGRADATIONS.

Ce qui était surtout de nature à soulever de grandes difficultés dans l'explication des mouvements des planètes, c'était leurs rétrogradations. Ces rebroussements, disait déjà *Sénèque* (Quaestiones naturales [L], lib. VII, cap. 25, 26), sont invraisemblables dans des mouvements réels, et ne doivent être que de simples apparences. La gloire d'avoir expliqué ces apparences revient tout entière à *Copernic*, qui tire de la simplicité rendue ainsi aux mouvements réels, un des plus puissants arguments en faveur du système héliocentrique qu'il expose (**Copernicus, Rev, 1543, lib. V, cap. 35, 36**).

Ce fut *Apollonius* qui donna les premiers théorèmes relatifs aux stations des planètes, en se fondant sur la théorie des épicycles (**Ptolemaeus, MCo, lib. XII, cap. 1**). Son travail ne nous est pas parvenu.

Parmi les auteurs modernes qui ont présenté des méthodes pour le calcul des stations, et qui sont fort nombreux, il faut citer :

1229. **Keplerus, J.** Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; praecepta, cap. XXII. — Par extraits : **Keplerus, Opa, VI, 1866, 692.**

1230. **Hermann, J.** Methodus generalis puncta stationum in orbitis planetariis determinandi. **Berolinum, Msc, I, 1710, 198; II, 1723, 59.**

1231. **Mayer, F. C.** De planetarum stationibus. **Petropolis, Cii, II, 1729, 82. — Comparez : V, 1737, 57.**

1232. **Cagnoli, A.** Delle stazioni de' pianeti. Memorie di matematica e di fisica della Società italiana; vol. III, 4°, Verona, 1786, p. 369.

C'est dans ce mémoire que se trouve la première solution rigoureuse.

1233. **Raabe, J. L.** Ueber den Stillstand der Planeten. **JfM, II, 1827, 85.**

L'auteur y démontre qu'au moment de la station, les tangentes respectives à l'orbite de la planète et à celle de la Terre sont situées dans un même plan.

§ 95. ÉLÉMENTS DES ANCIENNES PLANÈTES.

Le problème de déterminer les éléments de l'orbite d'un corps céleste, qui se meut autour du Soleil conformément aux lois de Képler, se présente sous deux aspects différents, selon que l'astre dont il s'agit a exécuté des révolutions entières sous les yeux des observateurs, ou bien qu'il a été suivi seulement dans un petit arc de sa trajectoire. Le premier cas s'applique aux anciennes planètes, observées depuis des siècles,

tandis que le second est celui des planètes nouvellement découvertes et des comètes. Les méthodes qui s'appliquent à ces deux circonstances sont éminemment distinctes. Il sera donc convenable d'en traiter séparément.

Les éléments des orbites des planètes principales ont été transmis par les astronomes, de siècle en siècle, en s'améliorant par degrés. On trouvera au chap. VII l'énumération de ces éléments, d'après différentes autorités, tant de l'antiquité que des temps modernes. Nous allons nous occuper seulement ici des procédés employés, postérieurement à l'adoption du système de *Copernic*, pour arriver à des éléments héliocentriques d'une grande exactitude.

De très-bonnes méthodes pratiques pour corriger les éléments des planètes par des observations dans des positions choisies, ont été donnnées par :

1254. **Halleius, E.** Methodus directa et geometrica, cujus ope investigantur aphelia, eccentricitates proportionesque orbium planetarum primariorum. **London, PTr, 1676, 683.**

1255. **La Hire, P. de.** Extrait d'une lettre, touchant le problème contenu dans la méthode géométrique de Halley pour trouver les aphélies, les excentricités et la proportion des planètes principales. **JdS$_1$, 1677, mars.** — Réimpr., **Paris, His, X, 1730, 588.** — Développé dans ses Sectiones conicae, fol., Parisiis, 1685; lib. VIII, prop. 25.

1256. **Newtonus, PPm, 1687,** lib. I, prop. 21. — Reproduit dans *Keill*, Introductio ad veram Astronomiam, 8°, Oxonii, 1718; et dans **Le Monnier, Ins, 1746, 545.**

1257. **Cassini, J.** Des diverses méthodes de déterminer l'apogée et le périgée ou l'aphélie et le périhélie des planètes. **Paris, H & M, 1725, 143.** — Comparez : **J. Cassini, Elm, 1740, 172.**

1258. **Nicolic, —.** Mémoire sur la détermination des orbites planétaires, où l'on démontre quelques nouvelles propriétés des sections coniques. **Paris, H & M, 1746, 291.**

1259. **La Caille, N. L. de.** Sur les éléments de la théorie du Soleil. **Paris, H et M, 1750, 11, 166.**

Pour les méthodes, employées maintenant, par lesquelles on corrige les éléments à l'aide d'un grand nombre d'observations, fournissant des équations de condition que l'on résout par le procédé des moindres carrés, il suffit de consulter les calculs sur lesquels reposent les tables les plus récentes des planètes principales, et notamment ceux de *Le Verrier,* dans **Paris, MOb, IV, 1858, 1; V, 1859, 1; VI, 1861, 1, 185; XI, 1876, 105, 273; XIII, 1876, 119, 201.**

On peut voir en outre :

1240. Tietjen, F. Ueber Verbesserung vom Planetenbahn-Bestimmungen und über einige dabei zulässige Abkürzungen. **BaJ, 1878, 1.**

§ 96. ÉLÉMENTS DES PLANÈTES NOUVELLES ET DES COMÈTES.

Le calcul de ces éléments est enseigné aujourd'hui dans de véritables traités, tels que ceux de :

1241. Frischauf, J. Theorie der Bewegung der Himmelskörper um die Sonne nebst deren Bahnbestimmung in elementarer Darstellung; 8°, Graz, 1868.

1242. Oppolzer, T. von. Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten; 2 vol. 8°, Leipzig, 1870-1880.

Le premier qui ait calculé une orbite parabolique d'après les observations, fut *Halley*, qui paraît avoir été depuis longtemps en possession d'une méthode pour cet objet, lorsque parut l'ouvrage dans lequel se trouvent publiés les résultats d'un certain nombre de ces calculs :

1243. Halleius, E. Astronomiae cometicae synopsis. **London, PTr, 1705. 1882.**

Mais la méthode elle-même, qui a servi pour cet objet, est restée inédite.

Nous énumérerons tout à l'heure, en essayant d'établir une classification, les principales méthodes proposées pour le calcul des orbites d'après un arc partiel héliocentrique. Quels que soient les efforts jusqu'à présent réalisés, ces méthodes ne sont qu'indirectes. On peut voir, en ce qui concerne ce reproche :

1244. Bette, W. Unterhaltungen über einige Capitel der Mécanique céleste und der Kosmogenie; 8°, Halle, 1870.

Parmi les recherches qui ont eu quelque portée pratique sur les calculs des orbites d'après un petit arc héliocentrique, il n'en est pas de plus importantes, au point de vue des solutions numériques, que celles contenues dans l'ouvrage célèbre :

1245. Lambert, J. H. Insignirores orbitae cometarum proprietates; 8°, Augustae Vindelicorum, 1761.

Dans ce livre, l'auteur donne une expression remarquable pour calculer le temps

employé à parcourir un arc quelconque, au moyen de la corde qui soutend cet arc, et de la somme des deux rayons vecteurs qui répondent à ses extrémités.

Un autre théorème important fut trouvé, par le même géomètre, peu de temps après, et se trouve publié dans :

1246. Lambert, J. H. Observations sur l'orbite apparente des comètes. Berlin, Mem$_{1}$, 1771, 352.

Il s'agit du théorème : le rayon vecteur de la comète est plus grand ou plus petit que celui de la Terre, suivant que la comète s'écarte du grand cercle du côté du Soleil ou du côté opposé.

Il faut joindre à ces travaux :

1247. Marth, A Auxiliary tables for the solution of *Lambert's* equation, with a few remarks on the determination of cometary orbits; 4°, London, 1865.

Le calcul des éléments dans la parabole est facilité par des tables, donnant l'anomalie et le rayon vecteur d'une comète qui se meut dans une semblable courbe, avec une distance périhélie égale à la distance moyenne de la Terre au Soleil. Ces tables ont reçu des développements croissants des mains de plusieurs calculateurs. Il faut citer à cet égard :

1248. Schulze, J. K. Tafeln zur Berechnung der Bahn der Cometen.

Dans *Berliner Akademie*, Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. III, 1776, p. 2.

1249. Englefield, H. On the determination of the orbits of comets according to the methods of Boscovich and de Laplace, with new and complete tables; 4°, London, 1793.

La principale table est celle calculée par *T. Barker :* Table of the mean motion and radii vectores of comets.

Cette table est reproduite dans un très-grand nombre d'ouvrages, notamment dans *Pingré, A. G.,* Cométographie ou traité historique et théorique des comètes, 2 vol. 4°, Paris, 1783-1784; vol. II, p. 469; et dans Delambre, Ast, III, 1814, 434.

Ce travail a été repris par

1250. Burckhardt, J. C. Nouvelle table générale du mouvement parabolique des comètes. CdT, 1818, 319.

§ 97. ORBITES : MÉTHODES GRAPHIQUES.

Les plus simples de toutes les méthodes qui conduisent à la connaissance des orbites nouvelles, sont les méthodes graphiques. *Newton* a donné la première, en considérant le cas de la parabole, et en se fondant sur trois observations :

1251. **Newtonus, I.** Cometae in parabola moti trajectoriam ex datis tribus observationibus determinare. **Newtonus, PPm, 1687, lib. III, prop. xlj, prob. 21.**

David *Gregory* a enseigné, peu de temps après, une construction plus simple, lorsqu'on peut employer quatre observations. Supposant la trajectoire rectiligne dans cet intervalle, et le mouvement uniforme, il trouve avec une facilité remarquable la situation du plan de l'orbite :

1252. **Gregorius, D.** Datis quatuor cometae locis observatis, ejus trajectoriam, si rectilinea fuerit, determinare.

Dans ses Astronomiae physicae et geometricae elementa, fol., Oxoniae, 1702; lib. v, prop. 12. Cette construction a été reprise et reproduite par *Newton* dans son Arithmetica universalis, 1707; cap. xiv, probl. 56. — Dans ses Opera, édit. *Horsley*, vol. I, 1779, p. 154.

Gregory passe ensuite (loc. cit., prop. 14-31) au cas de la parabole, qu'il traite à la manière de *Newton.*

J. H. Lambert (Insigniores orbitae cometarum proprietates, 8°, Augustae Vindelicorum, 1761; sect. III, probl. 30) donne également la construction du plan de l'orbite par quatre observations peu distantes, et (même ouvrage, sect. III, § 157) la construction de la parabole par trois observations.

A une époque plus récente, ce problème a été traité d'une manière plus complète, dans les mémoires suivants :

1253. **Quetelet, A.** Sur quelques constructions graphiques des orbites cométaires. **Bruxelles, Mem_2, III, 1826, 165.**

Avec application à la comète de mai 1822.

1254. **Dandelin, G. P.** Sur la détermination géométrique des orbites cométaires. **Bruxelles, Mem_2, XIII, 1841, n° 1.**

§ 98. ORBITES : MÉTHODES GÉOMÉTRO-ANALYTIQUES.

Nous désignons ainsi les méthodes qui traduisent en analyse la construction géométrique du problème, et se servent ainsi de la simple géométrie analytique.

On peut rapporter à cette classe un des premiers travaux de

1255. Bouguer, P. Sur la détermination de l'orbite des comètes. Paris, H & M, 1733, 331.

Mettant le problème en écriture algébrique, *Bouguer* remarque qu'on peut le résoudre, au moins dans certaines hypothèses approchées, par des équations du premier degré, lorsqu'on prend pour inconnues, au lieu du nœud et de l'inclinaison de l'orbite, deux distances de la comète à la Terre.

Euler, en prenant une méthode plus complète, donna le moyen de dépasser le degré d'exactitude dont les procédés graphiques de ses prédécesseurs étaient susceptibles. Il part des lois géométriques du mouvement conique, et cherche les éléments de la planète ou de la comète d'après trois observations géocentriques. On verra particulièrement les probl. 11 et 12, dans son ouvrage :

1256. Euler, L. Theoria motuum planetarum et cometarum, continens methodum facilem ex aliquot observationibus orbitas cum planetarum tum cometarum determinandi; 4°, Berolini, 1744.

Traduit en allemand :

Theorie der Planeten und Cometen übersetzt von *J. von Pacassi*; 4°, Wien, 1781.

On a signalé dans cet ouvrage quelques inadvertances de calcul.

Il faut mentionner ensuite, dans l'ordre chronologique :

1257. Zanotti, E. Methodus trigonometrica supputandi cometarum orbitas. Bononia, Cii, III, 1755, 217.

1258. Lambert, J. H. Von Beobachtung und Berechnung der Cometen und besonders des Cometen von 1769.

Dans *Lambert J. H.* Beyträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung, 4 vol. 8°, Berlin, 1765-1772; vol. IV, p. 200.

La solution de *Lambert*, longtemps l'une des plus avantageuses dans l'application, et la base des méthodes les plus pratiques employées de nos jours, s'appuie sur la loi

des aires, bornée pour plus de simplicité aux triangles rectilignes inscrits dans l'orbite. Cette condition permet de calculer de proche en proche toutes les parties de la figure.

Boscovich, partant de la même supposition, calcule trigonométriquement les intersections des rayons vecteurs de la comète avec les rayons visuels dirigés de la Terre à cet astre, et fait dépendre le reste de la solution du rapport, dont l'importance a été si bien reconnue depuis, entre les deux distances extrêmes de la comète à la Terre :

1259. Boscovich, R. G. De orbitis cometarum determinandis, ope trium observationum parum a se invicem remotarum. Paris, Mpr_1, VI, 1774, 198, 401. — En français dans Boscovich, Opa, III, 1785, 1.

Duséjour commence par déterminer la position du plan de l'orbite, puis il se sert des propriétés des cordes dans la parabole, pour calculer les éléments :

1260. Duséjour. D. Détermination des orbites des planètes et des comètes. Dans Duséjour, TaM, II, 1789, 416. — Comparez Paris, H & M, 1779, 51.

Le travail d'*Olbers*, qui a été jusqu'à ces derniers temps le fondement classique des recherches d'orbites nouvelles, a donné une forme essentiellement pratique à la méthode de *Lambert*. L'auteur l'a fait paraître en 1797, comme ouvrage séparé, sous le titre :

1261. Olbers, W. Abhandlung ueber die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen zu berechnen; 8°, Weimar, 1797. — 2e édit. revue par *J. F. Encke,* 8°, Weimar, 1847; 3e édit. revue par *J. G. Galle,* 8°, Leipzig, 1864.

Traduction.

An essay on the easiest and most convenient method of calculating the orbit of a comet from observations translated by *T. Young;* 8°, London, 1820.

Cette traduction forme le n° 1 de *T. Young's* Astronomical and nautical collections. Elle a aussi paru par parties dans le Quarterly journal of science, literature, and the arts, 8°, London; vol. IX, 1820, 149; X, 1821, 416; XI, 1821, 177; XII, 1822, 157; XIII, 1822, 366; XIV, 1823, 148, 349.

Dans le mémoire ci-dessous, *Burckhardt* donne une formule trigonométrique qui fournit le temps employé par la comète à parcourir un secteur parabolique :

1262. Burckhardt, J. C. Trigonometrische Methode zur genäherten Bestimmung der Elemente einer Cometenbahn. MCz, IV, 1801, 209.

L'ouvrage qui se place ensuite dans l'ordre des dates, est le livre célèbre :

1263. Gauss, C. F. Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis Solem ambientium; 4°, Hamburgi, 1809. — Reproduit : Gauss, WrK, VII, 1871.

Traductions.

Theoria motus corporum coelestium, translated, with an appendix by *C. H. Davis*; 4°, Boston, 1857.

Theorie du mouvement des corps célestes parcourant des sections coniques autour du Soleil (par *E. Dubois*); 8°, Paris, [1864].

Theorie der Bewegung der Himmelskörper, welche in Kegelschnitte die Sonne umlaufen (par *C. Haase*); 4°, Hannover, 1865.

Gauss part des lois de *Képler,* qui constituent ainsi des relations fondamentales entre les principaux éléments de l'orbite. Il cherche successivement les relations concernant soit une seule position, soit plusieurs positions, d'abord dans l'orbite, ensuite dans l'espace. Il n'assujettit ces positions qu'à la seule condition de se trouver dans un plan passant par le Soleil. Indépendamment de la détermination des éléments d'après trois observations complètes, ou d'après quatre observations dont deux seulement sont complètes, il enseigne à corriger les éléments d'après un nombre quelconque d'observations, ainsi qu'à calculer les perturbations.

Cagnoli déduit de deux rayons vecteurs et de l'angle compris, une relation entre le grand et le petit axe de la conique. La troisième loi de *Képler* lui donne une expression du grand axe. Il peut alors obtenir le petit axe à l'aide de la relation précédente, et par suite tous les éléments sont connus :

1264. Cagnoli, A. Metodo per trovare e correggere gli elementi dell' orbita d'un pianeta. Milano, Mem$_1$, I, 1813, 301.

Les mémoires plus récents qui rentrent dans cette classe de méthodes, et dont l'énumération suit, n'exigeront qu'un petit nombre d'annotations :

1265. Encke, J. F. Ueber die Olbers'sche Methode zur Bestimmung der Cometenbahnen. BaJ, 1833, 264.

1266. Valz, B. De la recherche immédiate des orbites. CdT, 1835, 37. — Aussi dans la Correspondance mathématique et physique publiée par *A. Quetelet*, 8°, Bruxelles; t. VII, 1832, p. 159 et t. VIII, 1835, p. 31.

L'auteur construit une table pour la résolution de l'équation du 8e degré à laquelle conduit la solution rigoureuse. Il se sert de considérations géométriques et emploie des calculs de trigonométrie.

1267. **Grunert, J. A.** Neue Methode zur Berechnung der Cometenbahnen. **AdM, XVII, 1851, 121.**

Ce mémoire est remarquable au point de vue analytique.

1268. **Encke, J. F.** Ueber die Bestimmung einer elliptischen Bahn aus drei vollständigen Beobachtungen. **BaJ, 1854, 316.**

Traduction.

Sopra la determinazione di un' orbita ellittica; 8°, Milano, 1862.

1269. **Cayley, A.** On the determination of the orbit of a planet from three observations. **London, MAS, XXXVIII, 1871, 17.**

Étant donnés trois points de l'orbite et le foyer, on peut y faire passer quatre coniques. Trouver l'orbite telle que les temps de passage d'une position à une autre concordent avec ceux observés.

§ 99. ORBITES : MÉTHODES PUREMENT ANALYTIQUES.

Ces méthodes sont celles dans lesquelles on fait immédiatement usage des relations analytiques qui existent entre les inconnues et les données.

Lubbock a donné une analyse des méthodes connues, en les ramenant toutes à la même notation, et en les employant au calcul d'un exemple :

1270. **Lubbock, J. W.** On the determination of the orbit of a comet. **London, MAS, IV, 1831, 39, 179.**

Pontécoulant a exposé une méthode qui ne s'applique avantageusement qu'aux orbites d'une faible excentricité :

1271. **Pontécoulant, G. de.** Sur la détermination des éléments elliptiques de l'orbite d'une planète par les observations.

Dans son Traité élémentaire de physique céleste, 2 vol. 8°, Paris; tom. II, 1840, p. 716.

On peut citer encore, dans cette classe :

1272. **Gasparis, A. de.** Formole pel calcolo dell' orbita ellittica di un pianeta con tre osservazioni. **Napoli, Ren_2, IV, 1855, 140.**

L'auteur y comprend également le cas des comètes. Il part d'une relation analytique entre les coordonnées héliocentriques de l'astre prises à quatre époques différentes, et les différences de ces époques. Cette relation est d'autant plus exacte que ces différences sont plus faibles.

1273. **Gyldén, J. A. H.** Framställning af formuler för beräkningen af en parobolisk Kometbana; 4°, Helsingfors, 1861.

§ 100. ORBITES : MÉTHODES DYNAMO-ANALYTIQUES.

Ici les auteurs introduisent plus spécialement la notion de force. Parmi ces méthodes, on peut énumérer :

1274. **Lagrange, J. L. de.** Sur le problème de la détermination des orbites des comètes, d'après trois observations. **Berlin, Mem$_1$, 1778, 111, 124; 1783, 296.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, IV, 1869, 439, 451, 496.**

Le premier mémoire n'est qu'une introduction, avec une critique des travaux antérieurs. Dans le second, l'auteur cherche trois rayons vecteurs qui répondent à trois temps donnés. Enfin, dans le troisième, il arrive pour la détermination du paramètre, du grand axe et du lieu du périhélie, à trois équations finales, dont deux sont linéaires et la troisième du 7[e] degré. Mais celle-ci se réduit au 1[er] degré quand le grand axe est infini, c'est-à-dire dans le cas de la parabole.

Citons ensuite :

1275. **Legendre, A. M.** Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes; 4°, Paris, 1805. + Suppl. 1806.

L'auteur pose les équations différentielles du mouvement, puis y remplace les coordonnées de la Terre et de la comète par des polynômes fonctions du temps; il montre ensuite comment, de trois observations géométriques, on peut déduire les éléments de l'orbite, d'abord quand les observations sont équidistantes en temps, ensuite pour des intervalles inégaux.

1276. **Ivory, J.** A new method of deducing a first approximation to the orbit of a comet from three geocentric observations. **London, PTr, 1814, 121.**

En partant des équations du mouvement.

1277. **Mossotti, O. F.** Nuova analisi del problema di determinare le orbite dei corpi celesti. **EfM, 1817, 33; 1818, 49; 1819, 57.**

L'auteur part des équations dynamiques du mouvement. Il emploie quatre observations.

1278. **Binet, J. P. M.** Sur la détermination des orbites des planètes et des comètes. **Paris, JEP, XIII, 1831, 249** (cah. xx).

Dans ce mémoire, il est tenu compte des perturbations.

1279. Hansen, P. A. Ueber die Bestimmung der Bahn eines Himmelskörpers aus drei Beobachtungen. Leipzig, Ber, XV, 1863, 83.

L'auteur se sert des équations du mouvement pour la détermination des coefficients différentiels des coordonnées en fonction du temps.

§ 101. ORBITES : MÉTHODES DIFFÉRENTIELLES.

A la tête de ces méthodes, et ouvrant la voie dans cette direction, se place celle qui est développée dans le mémoire suivant :

1280. Laplace, P. S. de. Mémoire sur la détermination des orbites des comètes. Paris, H & M, 1780, 13. — Comparez Laplace, TMc, t. I, 1799, liv. II, ch. 4; et CdT, 1824, 314.

Au lieu d'employer directement les observations, *Laplace* part d'une position géocentrique et des différences du premier et du second ordre, divisées par les puissances correspondantes du temps. Il arrive ainsi aux éléments sans recourir à aucune intégration, et par la seule considération des équations différentielles de l'orbite. Le mémoire se termine par un moyen de corriger ces premiers éléments, à l'aide de trois observations éloignées entre elles.

A la même classe appartiennent les méthodes suivantes :

1281. Airy, G. B. On the determination of the orbits of comets from observations. London, MAS, XI, 1840, 181.

Modification de la méthode de *Laplace*, basée principalement sur des considérations relatives à la pratique des calculs.

1282. Cauchy, A. Méthodes nouvelles pour la détermination des orbites des corps célestes et en particulier des comètes. Paris, Crh, XXIII, 1846, 887; complété p. 956 et 1002.

1283 Cauchy, A. Sur la détermination des orbites des planètes et des comètes. Paris, Crh, XXV, 1847, 401, 475; application p 531, 650.

1284. Cauchy, A. Formules pour la détermination des orbites des planètes et des comètes. Paris, Crh, XXVI, 1848, 57, 133, 157, 236.

Ces différents travaux de *Cauchy* sont condensés et mis sous une forme pratique par :

1285. Perrey, A. Sur la détermination de l'orbite des planètes et des comètes. CdT, 1853, 3.

La méthode de *Cauchy* est fondée sur des formules d'interpolation.

1286. **Challis, J.** A method of calculating the orbit of a planet or comet from three observed places. **London, MAS, XVII, 1849, 59.**

Extension de la méthode différentielle de *Laplace*.

1287. **Villarceau, Y.** Méthode pour calculer les éléments des orbites des planètes, ou plus généralement des astres dont les orbites sont peu inclinées à l'écliptique. **Paris, Crh, XXIX, 1849, 112.**

En employant les dérivées des trois premiers ordres de la longitude et du premier ordre de la latitude.

§ 102. CALCUL DES ORBITES DÉFINITIVES.

Lorsqu'on a déterminé les éléments approchés de l'orbite, par les premières observations, il s'agit ensuite de les corriger en y faisant servir l'ensemble des positions observées. On consultera, sur la marche à suivre dans ce but, les travaux ci-dessous :

1288. **Nicolai, F. B. G.** ... Neue Differenzformeln. **BaJ, 1818, 265.**

1289. **Clausen, T.** Ueber die Formirung der Bedingungs-Gleichungen zur Verbesserung einer Planeten- oder Cometenbahn. **JfM, VII, 1831, 108.**

1290. **Le Verrier, U. J.** Sur la rectification des orbites des comètes au moyen de l'ensemble des observations faites pendant leur apparition. **Paris, Crh, XX, 1845, 1071. — Aussi ANn, XXIII, 1846, 185.**

Dans cette correction, s'il s'agit d'une comète, calculée d'abord dans la parabole, on cherche à déterminer l'excentricité.

La différence entre la trajectoire parabolique et une trajectoire elliptique fort excentrique, a été d'abord exprimée par *T. Simpson,* Miscellaneous tracts on subjects in mechanics, physical-astronomy, and speculative mathematics, 4°, London, 1757; p. 58.

Il y a dans cet ouvrage des tables pour passer de la parabole à des ellipses qui en diffèrent peu. On en trouvera de plus développées dans :

1291. **Bailly, J. S.** Mémoire sur la théorie de la comète de 1759. **Paris Mpr$_1$, V, 1768, 12. — Les tables sont p. 14.**

1292. **Isnardi, L.** Tavola per la riduzione della parabola all' ellisse od all' iperbola. **FfM, 1832, 105.**

1293. **Stambucchi, R.** Tavole pel calcolo del terzo termine dell'anomalia vera delle comete in una sezione conica poco diversa dalla parabola. **EfM, 1832, 151.**

1294. **Brünnow, F.** Table for computing the true anomaly in ellipses and hyperbolas of great excentricities. **AsN, I, 1861, 177.**

Voyez aussi, sur cette question :

1295. **Bessel, F. W.** Ueber die Berechnung der wahren Anomalie in einer von der Parabel nicht sehr verschiedenen Bahn. **MCz, XII, 1805, 197.** Reproduit : **Bessel, Abh, I, 1875, 9.**

Quant au calcul des perturbations, il en sera fait mention dans le chapitre suivant.

§ 103. THÉORIE DES PARALLAXES.

Ptolémée mesurait la parallaxe lunaire par la différence entre les plus grandes latitudes de la Lune, au sud et au nord de l'écliptique (**Ptolemaeus, MCo**, lib. v, cap. 13). Cette méthode fut reprise par *T. Brahé* (**Brahaeus, AiP**, éd. 1648, p. 465), et par *Le Monnier* (**Le Monnier, Ins, 1746, 185**).

Regiomontanus préféra la composante de la parallaxe en ascension droite, qui avançait ou retardait le mouvement de l'astre (*Monteregio, J. de*, De cometae magnitudine longitudineque, ac de loco ejus vero; 4°, Norimbergue, 1531). Cette méthode a été exposée en détail par *Digges* (*Diggesius, T.*, Alae seu scalae mathematicae; 4°, Londini, 1573). La principale application qui en ait été faite est celle que *Maskelyne* exécuta en 1761 à l'île Ste-Hélène (**London, PTr, 1746, 371.**

La méthode consistant à observer les distances au zénit dans deux stations éloignées en latitude, a été développée par *Bouguer* dans :

1296. **Bouguer, P.** Remarques sur les observations de la parallaxe de la Lune, qu'on pourrait faire en même temps en plusieurs endroits. **Paris, H & M, 1751, 64**

Une application fut faite immédiatement entre Berlin et le Cap de Bonne-Espérance :

1297. **Lalande, J. J. de.** Mémoire sur la détermination de la parallaxe de la Lune et de la courbure de la Terre entreprise au Cap de Bonne-Espérance et à Berlin. **Berlin, H & M, 1750, 237, 379.** — Réimpr. **Paris, H & H, 1752, 78; 1753, 97.**

Indépendamment des chapitres consacrés, dans les traités, à la théorie des parallaxes, nous indiquerons les mémoires qui suivent :

1298. **Mayer, T.** Inquisitio in parallaxin Lunae ejusdemque a Terra distantiam. **Gotinga, Cii, II, 1752, 159.**

1299. **Delambre, J. B. J.** Om parallax-vinklars uträknande. **Stockholm, Hdl_2, 1788, 81, 161.** — En allemand : **Hdl'_2, 1788, 77, 157.**

1300. **Olbers, W.** Parallaxen-Rechnung ohne vorhergehende Berechnung des Nonagegesimus. **BaJ, 1808, 196; 1811, 95.**

1301. **Littrow, J. J.** ... Beiträge zur Parallaxenrechnung. **BaJ, 1812, 181.**

1302. **Littrow, J. J.** On parallaxes. **London, MAS, II, 1826, 419.** — En allemand dans **Wien, Ann_1, VI, 1826, xl.**

1303. **Grunert, J. A.** Ueber die Berechnung der Parallaxen. **AdM, III, 1843, 337.**

1304. **Le Verrier, U. J.** Des coordonnées astronomiques. **Paris, MOb, I, 1855, 156.**

L'auteur y traite du calcul des parallaxes.

1305. **Grunert, J. A.** Neue Entwickelung der Grundformeln der sphärischen Astronomie mit volliger Beseitigung jeder eigentlichen Parallaxen-Rechnung und mit verschiedenen Anwendungen. **AdM, XLIV, 1865, 259.**

Une des quantités auxiliaires les plus usitées, dans le calcul des parallaxes, c'est la longitude du nonagésime. Nous indiquerons à ce sujet quelques articles et différentes tables qui ont leur utilité :

1306. **Levêque, P.** Tables générales de la hauteur et de la longitude du nonagésime, depuis l'équateur jusqu'au cercle polaire; 2 vol. 8°, Avignon, 1776.

De degré en degré de latitude géographique.

1307. **Willard, J.** A method of finding the altitude and longitude of the ecliptic. **Boston, Mem_1, I, 1785, 1.**

1308. **Wurm, J. F.** Praktische Anleitung zur Parallaxenrechnung sammt neu berechneten Tafeln des Nonagesimus; 8°, Tübingen, 1804.

La convenance d'introduire dans le calcul des parallaxes le rayon du sphéroïde terrestre propre à la localité où l'on observe, a déjà été signalée par *Newton* (**Newtonus, PPm**, 1687, lib. III, prop. 38, corol. 10). Les formules à employer à cet effet ont été développées presque en même temps par

1309. **Manfredi, E.** Méthode de vérifier la figure de la Terre par les parallaxes de la Lune. **Paris, H & M, 1734, 1.**

Et par

1310. **Grammatici, N.** Dissertatio astronomica de ratione corrigendi typos et calculos eclipsium Solis et Lunae. Commercium litterarium astronomicum d'*Adelbulner*, 4°, Norimbergae; n° 12, 1734.

Depuis lors ces formules ont été fort souvent reprises, et présentées sous des formes variées. On pourra voir notamment :

1311. **Euler, L.** De la parallaxe de la Lune tant par rapport à sa hauteur qu'à son azimuth dans l'hypothèse de la Terre sphéroïdique. **Berlin, H & M, 1749, 326.**

1312. **Euler, L.** Theoria parallaxeos ad figuram Terrae sphaeroïdicam accommodata. **Petropolis, Act, 1779, 241.** — En allemand dans **BaJ, 1783, 3.**

1313. **Cagnoli, A.** Trigonometria piana e sferica, 4°, Parigi, 1786. — Et traduction française par *Chompré,* 1786, p. 414; 2ᵉ éd., 1808, p. 458.

§ 104. CALCUL DES ÉCLIPSES.

La même théorie peut s'appliquer aux éclipses sujettes aux parallaxes, c'est-à-dire aux éclipses de Soleil, aux passages des planètes inférieures devant le Soleil, et aux occultations. Les auteurs qui ont traité de ce sujet ont eu toutefois plus particulièrement en vue l'un ou l'autre de ces phénomènes. Nous commencerons par les éclipses.

On en trouve déjà une théorie satisfaisante dans l'Astronomie optique de *Képler* (Ad Vitellionem paralipomena quibus Astronomiae pars optica traditur, 4°, Francofurti, 1604; cap. VI, n° 7; **Keplerus, Opa, II, 1859, 280.**

En outre, *Képler* a donné dans son Hipparchus (prob. IV), à la suite de ses Tables rudolphines, une méthode graphique pour les lieux qui verront l'éclipse du Soleil, et les diverses circonstances de ces éclipses (**Kepler, Opa, III, 1860, 525.** — Comparez : **Kepler, Epi, 1622, 864,** ou bien **Kepler, Opa, VI, 1866, 503**).

Boulliau adopta en la développant la méthode de *Képler,* qui consiste à considérer

le passage de la Lune entre notre globe et le Soleil comme produisant une éclipse de Terre (Ballialdus, Aph, 1651, lib. IV, cap. 4). *J. D. Cassini* reproduisit la méthode de *Képler*, sans en nommer l'auteur :

1314. **Cassini, J. D.** Méthode pour déterminer les longitudes par diverses observations d'une éclipse interrompues et faites en différens lieux [1692]. Paris, His, X, 1730, 150.

On peut indiquer ensuite, parmi les principaux mémoires qui traitent de la question des éclipses sujettes aux parallaxes :

1315. **Lexell, A. J.** Eine neue Methode, die Sonnenfinsternisse zu berechnen. BaJ, 1776, 174.

1316. **Lambert, J. H.** Eine neue Art Sonnenfinsternisse zu entwerfen. BaJ, 1778, 49.

1317. **Goudin, M. B.** Mémoire sur les éclipses de Soleil.

Dans ses OEuvres, nouv. édit., 4°, Paris, 1803, p. 77.

1318. **Lagrange, J. L. de.** Anmerkungen über die Entwerfung der Sonnenfinsternissen und Bedeckung der Fixsterne vom Monde. BaJ, 1781, 31. — Ce travail de *Lagrange* est mis ici en allemand par *J. K. Schulze*, d'après le MS. Il a été donné en français : CdT, 1819, 344, reproduit : Lagrange, OEu, VII, 1877, 393.

1319. **Lagrange, J. L. de.** Ueber die Berechnung derer Finsternisse, welche der Wirwung der Parallaxen unterworfen sind. BaJ, 1782, 16. — Ce mémoire, mis en allemand par *J. K. Schulze* sur le MS de Lagrange, a été reproduit en français : CdT, 1817, 257; et dans Lagrange, OEu, VII, 1877, 415.

1320. **Rüdiger, C. F.** Anweisung zur Berechnung und Verzeichnisse der Sonnen- und Mondfinsternisse; 8°, Leipzig, 1802.

1321. **Littrow, J. J.** Beiträge zur Berechnung der Finsternisse. BaJ, 1821, 111.

1322. **Lubbock, J. W.** An elementary treatise on the computation of eclipses and occultations; 8°, London, 1835.

1323. **Hansen, P. A.** Ueber die Verfinsterungen auf der Erdoberfläche überhaupt. ANn, XV, 1838, 99.

Méthode pour déterminer les circonstances et les détails des éclipses de Soleil, leurs phases et leurs limites.

1324. **Bessel, F. W.** Analyse der Finsternisse. **Bessel, Unt, II, 1842, 95.** — Reproduit : **Bessel, Abh, III, 1876, 369.**

Ce travail contient les équations fondamentales, les éclipses pour la Terre en général, et le calcul pour un lieu donné.

1325. **Leonhardi, —.** Anleitung zur Berechnung und graphischen Bestimmung der Sonnenfinsternisse und Mondfinsternisse für omgehende Astronomen und Mathematiker; 4°, Leipzig, 1846.

1326. **Hansen, P. A.** Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandte Erscheinungen. **Leipzig, Abh, IV, 1859, 303.**

La marche suivie au Nautical Almanac, pour le calcul des éclipses, est celle dont *Woolhouse* a réuni les formules, sous le titre : « On eclipses, containing remarks and formulae, » dans le volume de ces éphémérides : **NAL, 1836, 53.**

On trouvera souvent utile d'avoir sous la main des tables condensées et complètes des éclipses, arrivées à toutes les époques des temps historiques. Nous indiquerons à cet effet :

1327. **Pingré, A. G.** Chronologie des éclipses de Soleil et de Lune [depuis l'origine de notre ère jusqu'en 1900].

Dans l'Art de vérifier les dates des faits historiques; 2e édit., fol., Paris, 1770. Ce travail n'était pas dans la 1re édition de l'Art de vérifier les dates, 1749. Il est reproduit et continué jusqu'à l'an 2000 par *C. Duvancel,* dans la 3e édition, fol., 1783-1787 ; cette table figure aussi dans la 4e édition, 18 vol. 8°, Paris, 1818-1819, vol. I, p. 269. Suivant *Lalande*, *La Caille* avait exécuté une partie des calculs.

1328. **Pingré, A. G.** Chronologie des éclipses de Soleil et de Lune qui ont été visibles sur la Terre, depuis le pôle boréal, jusque vers l'équateur, durant les dix siècles qui ont précédé l'ère chrétienne. **Paris, Ins, XLII, 1787, his, 78.**

Les calculs ont été faits d'après les tables de *Halley.*

Enfin il y a, pour les éclipses de Soleil, des listes plus modernes, construites à l'aide d'éléments plus exacts des mouvements des astres :

1329. **Newcomb, S.** On the recurrence of solar eclipses with tables of eclipses from B. C. 700 to A. D. 2300. **Washington, Ast, I, part. I, 1879.**

§ 105. PASSAGES DES PLANÈTES DEVANT LE SOLEIL.

Nous mentionnerons ici quelques travaux qui concernent plus particulièrement ces passages, ou qui les embrassent.

Halley fut le premier qui donna une méthode pour calculer les passages d'une planète inférieure devant le Soleil :

1330. **Halleius, E.** De visibili conjunctione inferiorum planetarum cum Sole dissertatio. **London, PTr, 1691, 511.**

Il indiqua aussi la méthode célèbre, qui porte son nom, pour tirer de ces passages la parallaxe du Soleil :

1331. **Halleius, E.** Methodus singularis, qua Solis parallaxis sive distantia a Terra, ope Veneris intra Solem conspiciendae, tuto determinari poterit. **London, PTr, 1716, 454.**

Ces phénomènes furent considérés ensuite d'une manière générale dans l'ouvrage suivant :

1332. **Leadbetter, C.** A treatise of eclipses of the Sun, with the transits of Venus and Mercury over the Sun for 79 years; 8°, London, 1727. — 2ᵉ éd., 8°, London, 1731; 3ᵉ éd., 3 vol., 8°, London, 1745-1750.

A l'occasion du passage de Vénus de 1769, *Lagrange* donna une méthode pour le calcul d'un pareil phénomène ou d'une éclipse de Soleil, fondée sur la considération de la surface sphérique qui contient les trois centres du Soleil, de la Terre et de l'astre interposé; cette méthode se prêtait à la détermination de la parallaxe du Soleil par trois observations de l'entrée et de la sortie :

1333. **Lagrange, J. L. de.** Mémoires sur le passage de Vénus du 3 juin 1769. **Berlin, H & M, 1766, 265. — Reproduit : Lagrange, OEu, II, 1868, 335.**

Cette méthode a été reprise et exposée au point de vue pratique par

1334. **Encke, J. F.** Ueber die Vorausbrechnung der Planeten-Durchgänge. **BaJ, 1842, 291.**

On citera encore :

1335. **Grunert, J. A.** Theorie der Sonnenfinsternisse, der Durchgänge der unteren Planeten vor der Sonne, und der Sternbedeckungen für einen gegebenen Ort der Erde. **Wien, Dks, VII, 1854, 197; VIII, 1855, 133.**

§ 106. CALCUL DES OCCULTATIONS.

Sur ce calcul en particulier nous indiquerons :

1536. **Cassini, J.** Méthode de déterminer les longitudes des lieux de la Terre par les éclipses des étoiles fixes et des planètes par la Lune, pratiquée en diverses observations. **Paris, H & M, 1705, 194.**

1537. **Euler, L.** Méthode de déterminer la longitude des lieux par l'observation d'occultations des étoiles fixes par la Lune. **Berlin, H & M, 1747, 178.**

1538. **Carlini, F.** Metodo facile per calcolare le occultazioni delle stelle sotto la Luna. **EfM, 1809, 89.**

1539. **Bessel, F. W.** Ueber die Vorausberechnung der Sternbedeckungen. **ANn, VII, 1829, 1.** — Reproduit : **BaJ, 1831, 257** et **Bessel, Abh, I, 1875, 209.**

1540. **Hansen, P. A.** Ueber die Bestimmung des Punkten des Mondrandes, wo bei einer Sternbedeckung der Stern ein- und austritt. **ANn, XV, 1838, 405.**

1541. **Rümker, C.** Längenbestimmung durch den Mond, eine nautisch-astronomische Abhandlung; 8°, Hamburg, 1849.

Cet ouvrage a déjà été mentionné sous le n° 1048, au § 82. Les Abschnitte II et III donnent le calcul des occultations par la méthode de *Bessel,* puis par celle qu'expose l'auteur.

1542. **Chevallier, T.** On a method of finding the effect of difference of parallax at different places, upon the time of disappearance and reappearance of a star occulted by the Moon. **London, MAS, XIX, 1851, 251.**

1543. **Grunert, J. A.** Theorie der Sonnenfinsternisse, der Durchgänge der unteren Planeten vor der Sonne und der Sternbedeckungen für die Erde überhaupt; 4°, Wien, 1855. — Voir plus haut, n° 1535.

1544. **Normand, J. A.** Mémoire sur les occultations d'étoiles par les planètes; 4°, Paris, 1874.

1545. **Berry.** Théorie complète des occultations, à l'usage spécial des officiers de marine et des astronomes; 4°, Paris, 1880.

§ 107. MOUVEMENTS APPARENTS DES SATELLITES.

Au sujet des orbites apparentes des satellites des planètes, telles qu'elles sont vues de la Terre, on consultera d'une part les traités généraux, et de l'autre les études spéciales concernant les satellites de Jupiter, de Saturne, etc., en particulier. Il faut citer, en outre, les articles suivants :

1346. **Jeaurat, E. S.** Mémoire sur la théorie des satellites, et sur le calcul de leurs mouvements. **Paris, Mpr_1, II, 1759.**

1347. **Bessel, F. W.** Berechnungsart der Beobachtungen der Satelliten eines Planeten. **ANn, XII, 1835, 220.**

1348. **Sawitsch, A** Mémoire sur la détermination de l'orbite d'un satellite autour de sa planète. **Pétersbourg, Bul_2, X, 1852, 353.** — Reproduit : **Pétersbourg, Mel, I, 1853, 477,** et **London, MAS, XXII, 1854, 33.**

1349. **Hall, A.** The motion of a satellite.

Dans The analyst, a journal of pure and applied mathematics, 8°, Des Moines (Iowa); vol. VII, 1880, p. 1. Ce travail contient les formules pour le calcul des positions apparentes des satellites.

Lorsqu'on a une première connaissance approchée des éléments d'un satellite, on peut corriger ces premières valeurs d'après la marche indiquée par

1350. **Jacob, W. S.** Measures of Saturn and his satellites. **London, MAS, XXVIII, 1860, 68.**

§ 108. FORMULES POUR LA ROTATION DES PLANÈTES.

Des différentes méthodes ayant pour but les calculs relatifs à la rotation des planètes, nous citerons les suivantes. Ce qui se dit de la rotation du Soleil, s'applique, avec peu de changement, à celle d'une planète quelconque.

1351. **Hausen, A.** Theoria motus Solis circa proprium axem; 4°, Lipsiae, 1726.

1352. **Euler, J. A.** De rotatione Solis circa axem ex motu macularum apparente determinanda. **Petropolis, NCi, XII, 1768, 273.**

1353. **Silvabelle, G. de St. Jacques de.** Problème : trois observations d'une tache du Soleil étant données, déterminer le parallèle du Soleil que décrit la tache et le temps de sa révolution. **Paris, Mpr_1, V, 1768, 631.**

1354. **Kaestner, A. G.** Formulae analyticae ad motum Solis circa axem suum computandum. **Gotinga, NCi, I, I, 1769, 110.**

1355. **Pezenas, E.** Nouvelle théorie des taches du Soleil. **Paris, Mpr_1, VI, 1774, 318.**

Méthode trigonométrique pour déterminer les éléments de la rotation.

1356. **Lambert, J. H.** Von der Umwälzung der Sonne um ihre Axe. **BaJ, 1780, 60.**

1357. **Fixlmillner, P.** Dans : Acta astronomica cremifanensia, 4°, Styrae, 1791.

1358. **Gauss, C. F.** Formeln zur Bestimmung des Aequators der Sonne aus der Beobachtungen der Sonnenflecken. **MCz, XIX, 1809, 87.**

1359. **Peters, C. H. F.** A method for deriving the geocentric right ascension and declination of a solar spot from its heliographic coordinates. **AsN, I, 1861, 41.**

Ajoutons l'article ci-dessous, concernant l'observation des taches ou des facules du Soleil, par projection :

1360. **Tacchini, P.** Sulla misura degli angoli di posizione delle macchie e delle facole per proiezione. **Spettr. ital., Mem, IV, 1875, 53.**

Depuis que l'on fait l'observation des protubérances du Soleil, on a besoin de rapporter des points donnés, placés sur le bord du disque, à l'équateur de l'astre. Il existe à cet effet des tables dont voici le titre :

1361. **Riccò, A.** Tavole per trovare prontamente e senza almanacco la latitudine eliografica di un punto del bordo solare di cui sia dato l'angolo di posizione. **Spettr. ital., Mem, X, 1880, 21.**

§ 109. FIGURE APPARENTE DES PLANÈTES ET DE LEUR OMBRE.

Sur la figure apparente du disque des planètes, consultez :

1362. **Bessel, F. W.** Ueber die scheinbare Figur einer unvollständige erleuchteten Planetenscheibe. **ANn, XII, 1835, 201, 217. — Reproduit : Bessel, Unt, I, 1841, 239 et Bessel, Abh, I, 1875, 327.**

1363. **Grant, R.** Note on the correction to be applied to the apparent ellipticity of a planet, in consequence of the elevation of the Earth above the plane of the planet's equator. **London, MNt, XIII, 1853, 192.**

Sur la figure de l'ombre projetée par une planète, voyez :

1364. **Witchell, G.** General investigation of the nature of the curve given by the shadow of an oblate spheroid. **London, PTr, 1767, 28.**

1365. **Hall, A.** The shadow of a planet. **ANn, XC, 1877, 305.**

1366. **Souillart, C.** Sur l'ombre d'une planète. **ANn, XCI, 1878, 129.**

CHAPITRE V.

MÉCANIQUE CÉLESTE.

---

§ 110. MÉCANIQUE CÉLESTE EN GÉNÉRAL.

Lorsqu'on veut entreprendre l'étude de la mécanique céleste, la meilleure marche à suivre est de prendre d'abord quelques ouvrages didactiques, dans lesquels les principales théories seulement sont exposées, et expliquées d'une manière élémentaire. On pourra commencer, par exemple, par lire le livre XXII de **Lalande**, **Ast_2**, **III**, **1771**, **507**, ou bien Ast_3, **III**, **1792**, **595**.

Les effets de l'attraction dans le système du monde sont exposés d'une manière élémentaire dans l'ouvrage de :

1367. **Sigorgne, P.** Institutions newtoniennes; 2 vol. 8°, Paris, 1747. — 2e éd., 8°, Paris, 1769.

Traduction.

Istituzioni neutoniane (par *G. Carbonara*); 8°, Lucca, 1757.

On trouve également un exposé élémentaire de mécanique céleste dans le livre de

1368. **Cousin, J. A. J.** Introduction à l'étude de l'Astronomie physique; 4°, Paris, 1787.

Une excellente préparation à l'étude du grand ouvrage de *Laplace*, c'est la lecture de plusieurs chapitres que nous allons indiquer dans :

1369. **Poisson, S. D.** Traité de mécanique, 2 vol. 8°, Paris, 1811. — 2e éd., considérablement augmentée, 2 vol. 8e, Paris, 1833; 3e éd., donnée par *J. G. Garnier;* 8°, Bruxelles, 1838.

Dans le vol. I, les chap. 6 et 7 du liv. II forment une introduction à la partie de la mécanique céleste qui traite des mouvements planétaires de translation. Le chap. 6 du liv. I, dans le même volume, peut être considéré comme un traité élémentaire sur l'attraction de la sphère et de l'ellipsoïde.

Traductions.

Lehrbuch der Mechanik, aus dem Französisch von *J. C. E. Schmidt;* 2 vol. 8°, Stuttgart, 1825-1826.

Lehrbuch der Mechanik, nach der 2te sehr vermehrte Ausgabe übersetzt von *M. A. Stern;* 2 vol. 8°, Berlin, 1835-1836.

A treatise of mechanics translated from the French, and elucidated with explanatory notes, by *H. H. Harte;* 2 vol. 8°, London, 1842.

Tratado de mecánica, traducido de la secunda edicion francesa por *G. Del Campo;* 2 vol. 4°, Madrid, 1845.

On lira avec fruit l'exposition contenue dans les traités ci-dessous :

1370. **Airy, G. B.** Mathematical tracts on physical Astronomy : the lunar and planetary theories, the figure of the Earth, precession and nutation, the calculus of variations, and the undulatory theory of optics; 8°, Cambridge, 1826. — 2e éd., 8°, Cambridge, 1831; 3e éd., 1842.

Traductions.

Populäre physische Astronomie, aus dem English von *C. L. von Littrow;* 8°, Stuttgart, 1839.

Popouliarnaïa physitscheskaïa Astronomiïa, perevodi si niametzkago *Fedoroff;* 8°, Sankt Peterbourg, 1847.

Les articles dont ce volume est composé peuvent être considérés comme une exposition élémentaire de la théorie des perturbations et de celle de la figure des corps célestes.

Voyez aussi :

1371. **Airy, G. B.** Gravitation, or elementary explanation of the principal perturbations in the solar system; 8°, London, 1834.

C'est l'article « gravitation » de la Penny Cyclopaedia.

1372. **Moebius, A. F.** Elementare Herleitung des Newton'schen Gesetzes aus den Kepler'schen Gesetzen der Planetenbewegung. **JfM, XXXI, 1846, 174.**

Et

1373. **Helm, G.** Elementare Ableitung des Newton'schen Gravitationsgesetzes aus den drei Kepler'schen Gesetzen. **AdM, LXIII, 1879, 326.**

Les linéaments principaux de la théorie des perturbations, tant séculaires que périodiques, par la méthode de la variation des constantes, se trouvent exposes dans le Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie, de *R. Wolf,* 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 261.

Il y a en outre des traités abrégés, la plupart modernes :

1374. **Ostrogradski, M. A.** Cours de mécanique céleste, rédigé par *J. Janouschevski;* 4°, Saint-Pétersbourg, 1831.

1375. **Moebius, A. F.** Die Elemente der Mechanik des Himmels auf neuem Wege, ohne Hülfe höherer Rechnungsarten; 8°, Leipzig, 1843.

1376. **Peirce, B.** Physical and celestial mechanics; 4°, Boston, 1855.

1377. **Resal, H.** Traité élémentaire de mécanique céleste; 8°, Paris, 1865.

L'histoire des principales théories dont on s'occupe en mécanique céleste fait l'objet d'un ouvrage spécial :

1378. **Todhunter, I.** A history of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth, from the time of Newton to that of Laplace; 2 vol. 8°, London, 1873.

Il y a aussi un article historique en langue tchèque sur la gravitation par

1379. **Seydler, A.** Dějiny všeobecné gravitace.

Dans Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky, 8°, Praze; vol. IX, 1880, p. 11.

Le premier ouvrage, le pionnier si l'on peut se servir de cette expression, dans le champ de la mécanique céleste, c'est le livre des Principia de *Newton,* mentionné au § suivant, n° 1393. Nous allons réunir ici l'indication des principales publications qui, sur les traces de ce livre mémorable, ont concouru à porter la science au degré d'avancement qu'elle a atteint de nos jours. Nous les donnons dans l'ordre de leur apparition successive.

Les trois ouvrages de Thomas *Simpson,* que nous avons d'abord à mentionner, se suivent, et forment une collection d'études sur divers points de l'Astronomie théorique et surtout de la mécanique céleste. Ils sont trop peu connus aujourd'hui; l'auteur y a considéré avec succès des questions alors difficiles. Nous indiquerons sommairement, sous chaque ouvrage, les principaux objets dont il traite.

1580. **Simpson, T.** Essays on several curious and useful subjects in mathematicks; 4°, London, 1740. — Voir § 88, n° 1157.

Indépendamment d'un mémoire sur le problème de *Kepler*, cité au Chapitre précédent (n° 1209), l'auteur donne ici la théorie des forces centrales. Il traite aussi du mouvement des pendules et des projectiles dans les milieux résistants.

1581. **Simpson, T.** Mathematical dissertations on a variety of physical and analytical subjects; 4°, London, 1743.

Théorie analytique de la figure de la Terre, théorie des marées, calcul des réfractions dans une atmosphère de constitution donnée.

1582. **Simpson, T.** Miscellaneous tracts on subjects in mechanics, physical-astronomy, and speculative mathematics; 4°, London, 1757.

Théorie de la précession et de la nutation, nouvelles recherches sur le problème de Képler, calcul des orbites des comètes, problème des trois corps appliqué aux mouvements de la Lune.

Les recherches de *d'Alembert* viennent ensuite :

1583. **Alembert, J. L. d'.** Opuscules mathématiques, ou mémoires sur différents sujets de géométrie, de mécanique, d'optique et d'astronomie; 8 vol. 4°, Paris, 1761-1780.

Le vol. I, 1761, renferme un mémoire sur l'attraction; le vol. II, 1761, une application à la théorie des comètes de la solution donnée par l'auteur du problème des trois corps. Dans le vol. V, 1768, on trouve un mémoire sur l'altération du mouvement des comètes dans le système de la gravitation, et un autre sur la résistance que les planètes et les comètes peuvent éprouver dans leur mouvement. Le vol. VI, 1773, contient un travail sur l'orbite des comètes, et des recherches sur la théorie de la Lune et sur la figure de la Terre. Dans le vol. VIII, 1780, est inséré un mémoire sur les perturbations des comètes.

1584. **Frisi[us], P.** De gravitate universali corporum libri tres; 4°, Mediolani, 1768.

On peut considérer cet ouvrage comme le premier traité de mécanique céleste qui ait été rédigé en un corps de doctrine. Ce travail a été ensuite étendu par l'auteur dans sa Cosmographia, qui en est en quelque sorte une édition très-augmentée.

1585. **Frisi[us], P.** Cosmographia physica et mathematica; 2 vol. 4°, Mediolani, 1774-1775.

Dans ces développements, l'auteur divise la mécanique céleste en deux parties, ainsi qu'on l'a fait depuis. La première traite de la théorie des mouvements des centres de gravité des corps planétaires; la seconde, des rotations autour de ces centres et des phénomènes qui en dépendent.

1386. **Schubert, F. T.** Theoretische Astronomie; 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798.

Le vol. III contient la mécanique céleste. Voyez sur les différentes éditions de cet ouvrage le § 37, nº 197.

Vient ensuite le grand ouvrage magistral et méthodique, qui a servi pendant près d'un demi-siècle de résumé à la science :

1387. **Laplace, P. S. de.** Traité de mécanique céleste; 5 vol. 4°, Paris, 1799-1825. — Réimpr. comme tom. I-V des OEuvres, 4°, Paris, 1843-1846; et comme tom. I-V de la nouv. édit. des OEuvres, 4°, Paris, 1878-1882.

Traductions.

Mechanick des Himmels, übersetzt und mit Anmerkungen von *J. C. Burckhardt;* 2 vol. 4°, Berlin, 1800-1802.

Cette traduction n'a pas été continuée. Une liste de fautes d'impression qui s'y sont glissées a été insérée par *L. A. Albert* dans les Neue Analekten für Erde- und Himmels-Kunde, de *F. v. P. Gruithuisen,* 8°, München, vol. I, 1834, cah. IV, p. 24; cah. VI, p. 34.

The first book of the « Mécanique céleste, » translated with notes by *J. Toplis;* 8°, Nottingham, 1814.

Mechanism of the heaven (par *H. Harte*); 2 part. 4°, Dublin, 1822-1827.

Cette traduction ne comprend que le Ier volume de l'édition originale.

Mécanique céleste by *Laplace,* translated by *N. Bowditch,* with a commentary; 4 vol. 4°, Boston, 1829-1839.

Le commentaire est un dévelo ppement explicite de tous les calculs intermédiaires qui ne sont qu'indiqués par l'auteur. Un système de renvois par numéros en rend l'usage extrêmement facile.

Parmi les expositions élémentaires du grand ouvrage de *Laplace,* il faut citer :

1388. **Ide, J. J. A.** Theorie der Bewegung der Weltkörper unseres Sonnensystems und ihrer elliptischen Figur nach *Laplace,* mit einer Vorrede von *Kaestner;* 8°, Berlin, 1800.

D'après les deux premiers volumes de la Mécanique céleste de *Laplace.*

1389. **Biot, J. B.** Mathématiques; [analyse du « Traité de Mécanique céleste » de *Laplace*].

Dans les Séances des écoles normales, 10 vol. 8°, Paris ; t. VII, 1801, p. 4.

1390. *** Elementary illustrations of the Celestial Mechanics of *Laplace*; part the first, comprehending the first book; 8°, London, 1821.

Cette explication de la mécanique céleste n'a pas été continuée.

Enfin on retrouve la mécanique céleste exposée suivant les mêmes principes dans:

1391. **Pontécoulant, G. de.** Théorie analytique du système du monde; 4 vol. 8°, Paris, 1829-1846. — 2e édit., 4 vol. 8°, Paris, 1856 (les deux premiers vol. seuls sont revus, les deux autres sont ceux qui ont été imprimés en 1846). + Supplément au livre VII, 1860.

Traduction.

Analytische Theorie des Weltsystems, aus dem Französisch von *J. G. Hartmann*; 2 vol. 8°, Quedlinburg, 1834-1835.

Les deux autres volumes n'ont pas été traduits.

§ 111. L'ATTRACTION NEWTONIENNE.

Que l'attraction, en tant que propriété générale de la matière, avait été pressentie dans l'antiquité, c'est ce qui paraît incontestable. Ainsi *Platon* se sert des mots « le semblable est porté vers le semblable, » to homoion pheretai pros to homoion (*Plato,* Timaeus [G]); et *Lucrèce* exprime, à deux reprises différentes, une pensée analogue (*Lucretius,* De rerum natura [L], lib. I, v. 1077 et surtout lib. II, v. 202). Cette attraction, c'est elle qui groupe et qui retient ensemble toutes les parties de notre globe (*Plutarchus,* De oraculorum defectu [G]).

La même idée revient dans les temps modernes, et à partir du XVIe siècle, elle prend peu à peu plus de consistance. En 1538, *Fracastor* (Opera omnia, 4°, Venetiis, 1574; p. 62) regarde nettement tous les corps comme s'attirant mutuellement. On ne se borne pas d'ailleurs à considérer une action des particules les unes sur les autres; on croit aussi que cette force rayonne au dehors. La Terre est un immense aimant, dit *Gilbert* (De magnete, 4°, Londini, 1600). François *Bacon* envisage également la gravité comme une sorte de pouvoir magnétique inhérent à notre globe, et parle d'attractions entre les astres (*F. Bacon,* Novum organum, 1620; lib. II, cap. 36, 45, 48). *Copernic* plaçait une force de gravité dans le Soleil, à titre de corps sphérique, et de centre du système (**Copernicus, Rev, 1543, lib.** I, **cap. 9**).

L'idée d'une attraction entre les astres était déjà si répandue du temps de *Képler,* que celui-ci considère une action mutuelle entre la Terre et la Lune, et la suppose en proportion de leurs masses respectives (*Keplerus,* Astronomia nova seu de motibus stellae Martis, fol., Pragae, 1609; introd., p. 5; et **Kepler, Opa, III, 1860, 151**). L'émanation de la Terre, pensait de son côté *Horrocks* dès 1635, transporte la Lune comme elle transporte un projectile (*Horroccius,* Astronomia Kepleriana defensa et promota, 4°, Londini, 1672; cap. 2; comparez *Whewell,* History of the inductive sciences, 3 vol.

8°, London, 1837; vol. II, p. 162), c'est-à-dire que déjà l'attraction à distance se trouvait assimilée à la gravité, et que la voie était ouverte à la fameuse épreuve de *Newton*, sur la quantité de chute de notre satellite.

Avec *Boulliau*, l'idée d'une attraction dans les corps célestes se porte sur l'action prépondérante du Soleil, centre commun des mouvements planétaires. L'auteur de l'Astronomie philolaïque pose en fait l'existence d'une force attractive dans le Soleil, et la fait décroître en raison inverse du carré des distances (Bullialdus, Aph, 1645; lib. I, cap 12, p. 25).

C'est ici que se place le premier essai de *Newton*, de 1665, d'identifier la force qui retient la Lune dans son orbite avec la gravité terrestre, essai qui, comme on le sait, n'aboutit point, par suite d'une valeur inexacte des dimensions du globe terrestre, employée par *Newton* dans le calcul (*Whiston*, Memoirs of his own life and writings, 2 vol. 8°, London, 1753; vol. I, p. 23).

Dès l'année suivante, cet homme illustre avait entrevu que la troisième loi de *Képler* implique une diminution de l'attraction inverse au carré de la distance (*Pemberton*, A view of Sir Isaac Newton's philosophy, 8°, Dublin, 1728; pref. Aussi *J. B. Biot*, dans la Biographie universelle ancienne et moderne, 8°, Paris; art. Newton, t. XXXI, 1822, p. 157; nouv. édit., t. XXX, sans date, p. 383). Mais il ne fit pas connaître alors ce résultat. C'était à ce moment que *Borelli*, remarquable par la sagacité avec laquelle il a traité les différentes questions dont il s'est occupé, tenta d'expliquer par une attraction décroissant suivant le carré de la distance, les mouvements des satellites de Jupiter. Il s'efforça d'établir, sans pouvoir toutefois le démontrer mathématiquement, que d'une pareille loi d'attraction doivent résulter des orbites elliptiques (*Borellus*, Theoria medicearum planetarum, 4°, Florentiae, 1666; cap. 2 et 11).

En même temps, l'ingénieux et pénétrant Robert *Hooke* commençait ses expériences sur le mouvement du pendule conique (*Birch*, History of the Royal Society, 4 vol. 4°, London, 1756-1757; vol. II, p. 90), auxquelles il revint pendant bien des années. En 1674, à la suite de ces essais, dans lesquels il cherchait surtout une analogie avec les mouvements planétaires, il avança qu'il existe une force d'attraction dans tous les corps célestes, que les astres suivraient une trajectoire rectiligne si celle-ci n'était pliée à chaque instant par une puissance extérieure, enfin que l'attraction augmente quand la distance diminue (*Hooke*, An attempt to prove the motion of the Earth, 4°, London, 1674; p. 27).

Passant à l'étude de la trajectoire des projectiles, *Hooke* chercha la nature de la courbe qu'ils décrivent sous l'attraction de la Terre. Dans une lettre à *Newton*, de 1679, il dit que, dans ses idées, cette courbe est une ellipse fort excentrique. Là-dessus *Newton* applique le calcul dont il est maître, et reconnaît que, dans la loi de la réciprocité au carré des distances, le point attirant occupe le foyer (*J. B. Biot*, loc. cit.; t. XXXI, 1822, p. 154; nouv. édit., t. XXX, sans date, p. 382). Reprenant ensuite, avec de meilleures dimensions du globe terrestre, le calcul de l'affaiblissement de la gravité dans la région de la Lune, *Newton* vit, en 1682, l'accord s'établir entre cette force et celle qui fait incessamment tomber vers nous notre satellite (*Robison*, A system of mechanical philosophy, 4 vol. 8°, Edinburgh, 1824; vol. I, p. 288).

La question, du reste, allait prendre un aspect purement mathématique. Huygens avait publié dès 1673 ses célèbres théorèmes sur la force centrifuge (*Hugenius*, De horologio oscillatorio, fol., Parisiis, 1673; part. v. — Reproduit dans ses Opera varia, édit. 1724; t. I, p. 185). En 1684 *Halley,* ayant vu le parti qu'on en pourrait tirer dans l'explication des mouvements célestes, entreprit de les appliquer aux révolutions des planètes. Il retrouva ainsi le résultat alors inédit de *Newton,* que la troisième loi de *Képler* implique une diminution de la force attractive en raison inverse du carré de la distance. Mais voulant calculer la trajectoire, il alla consulter Robert *Hooke,* qu'il vit chez l'architecte de St-Paul, Christophe *Wren,* et tous trois convinrent que tout annonçait, dans les corps célestes, l'existence d'une attraction réciproque au carré des distances (*Birch*, History of the Royal Society, 4 vol. 4°, London; vol. IV. 1757, p. 370). Frappé de cette induction, *Halley* partit pour Cambridge, dans le dessein de soumettre ses idées à *Newton.* Celui-ci lui montra alors les deux premiers livres des « Principes, » où se trouvaient les démonstrations mathématiques des lois qui régissent le système du monde. Enfin en 1686 la Société Royale reçut le manuscrit de cet immortel ouvrage, dont l'impression se fit l'année qui suivit (Biographia britannica. 7 vol. fol., London, 1747-1766; art. Halley, p. 2504; art. Hooke, p. 2661).

Il y a une notice historique de la découverte de la gravitation et des premiers progrès de la théorie de l'attraction, dans l'ouvrage de *R. Grant*, History of physical Astronomy, 8°, London, 1852; ch. 1, p. 15 (voir § 45, n° 273).

On trouvera en outre un article fort intéressant sur les précurseurs de *Newton,* sous le titre :

1592. *** The english precursors of *Newton,*

dans The Edinburgh review, 8°, Edinburgh, 1880, July, n° 311, p. 1. Ce travail est reproduit en italien par *A. Favaro*, dans **BdB, XIII, 1880, 481.**

Newton reconnaît lui-même que la loi de la réciprocité de l'attraction au carré de la distance avait été connue de *Wren,* de *Hooke* et de *Halley* (**Newtonus, PPm, lib. I, prop.** IV, **scholium**). Mais il avait tout coordonné et réduit en système général. Son ouvrage parut sous le titre :

1593. **Newtonus, I.** Philosophiae naturalis principia mathematica; 4°, Londini, 1687.

La permission d'imprimer est datée du 5 juillet 1686. Le manuscrit avait été remis à la Société Royale dans la séance du 28 avril de la même année. Cette première édition a 510 pages; elle est devenue rare.

La 2e édition, donnée par *R. Cotes*, 4°, Cantabrigiae, 1713, a subi diverses additions des mains de l'auteur. Elle a été réimprimée à Amsterdam, 4°, 1714, puis 1723.

La 3e édition, également revue par l'auteur et de nouveau augmentée, a été publiée, 4°, Londini, 1726. D'après cette édition a été donnée celle « perpetuis commentariis

illustrata, communi studio *T. Le Seur* & *F. Jacquier*, » 3 vol. 4°, Genevae, 1739-1742. — Réimpr. 3 vol. 4°, Coloniae Allobrogum, 1760; puis en 4 vol. 8°, Glascoviae, 1822; et encore 4 vol. 8°, Glascoviae, 1833.

Les Principia sont dans les Opera de *Newton*, par *Horsley* (voir § 67, n° 825), les lib. I et II dans le vol. II; le lib. III dans le vol. III.

Traductions.

The mathematical principles of natural philosophy, translated into english by *A. Motte*, to which are added the laws of the Moon's motion by *J. Machin*; 2 vol. 8°, London, 1729. — Réimpr. avec commentaires et additions par *W Davis*, 3 vol. 8°, London, 1803; puis avec le traité de *Newton* « System of the world, » 8°, New York, 1848.

Principes mathématiques de la philosophie naturelle, traduits par *G. E. de B. du Chastelet*; 2 vol. 4°, Paris, 1756. — Réimpr., 2 vol. 4°, Paris, 1759.

A cette traduction sont joints quelques éclaircissements de *Clairaut*.

Mathematische Principen der Naturlehre mit Bemerkungen und Erläuterungen, von *J. P. Wolfers*; 8°, Berlin, 1872.

Le premier Livre des Principes a été imprimé plusieurs fois séparément, savoir:

Philosophiae naturalis principia mathematica illustrata commentationibus *J. Tessaneck* et commentationibus veterioribus *T. Le Seur* et *F. Jacquier*, liber I; 4°, Pragae, 1780.

Newtoni Principia; liber I (par les soins de *W. Whewell*); 8°, Cantabrigae, 1834. — Réimpr., 8°, Cantabrigae, 1846.

Newton's Principia, first book, sections 1, 2, 3, with an appendix, by *J. H. Evans*, edited by *P. T. Main*; 12°, London, 1871. — Réimpr. « with notes and illustrations by *P. Frost*, » 8°, London, 1878.

Indiquons encore :

Excerpta quaedam e *Newtoni* Principiis philosophiae naturalis, cum notis variorum; 4°, Cantabrigiae, 1765.

On peut considérer comme une suite des Principia l'ouvrage :

1394. **Newtonus, I.** De mundi systemate liber; 4°, Londini, 1731.

Dans les Opuscula mathematica donnés par *Castillon*, t. II, 1744, p. 1; et dans les Opera, réunis par *Horsley*, t. III, 1782, p. 177.

Traduction.

A treatise of the system of the world; 8°, London, 1728. — Réimpr., 8°, London, 1731.

Dans le livre des « Principes, » *Newton* déduit d'abord des deux premières lois de *Képler* que la force attractive est dirigée au Soleil, et qu'elle décroît réciproquement au carré des distances (**Newtonus, PPm, 1687, lib. I, prop. 1, 17**) ; il montre que la pesanteur n'est qu'un cas particulier de la gravitation (ibid., lib. I, prop. 7); il explique par l'attraction le mouvement séculaire des apsides (ibid., lib. I, prop. 9); il indique les causes des grandes inégalités dans le mouvement de la Lune (ibid., lib. I, prop. 10), mais au détail l'une d'entre elles, l'évection, lui échappe; il démontre qu'une sphère attire comme si toute sa masse était réunie au centre (bid., lib. I, prop. 75); il calcule la masse des planètes accompagnées de satellites (ibid., lib. III, prop. 8); il explique la libration de la Lune (ibid., lib. III, prop. 17); il signale l'aplatissement du globe, et en déduit le chiffre dans l'hypothèse de l'homogénéité (ibid., lib. III, prop. 19); il indique la cause de la précession des équinoxes (lib. III, sect. IV) ; il annonce la nutation de l'axe de la Terre (ibid., lib. III, prop. 21); il explique le phénomène des marées, et montre que l'axe d'intumescence est dirigé à l'astre perturbateur (ibid., lib. III, prop. 36); il essaie enfin, d'après l'action de la Lune sur la mer, une détermination de la masse de notre satellite (ibid., lib. III, prop. 37).

Tous les grands phénomènes du système du monde, qui avaient tenu si longtemps en suspens l'esprit des philosophes, se trouvaient ainsi expliqués par une loi unique, la « gravitas universalis » (ibid., lib. III, regul. 3). Par ce mot « universalis, » *Newton* avait devancé *Kant* (Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften, Riga, 1786; art. Materie; reproduit dans ses Sämmtliche Werke, 12 vol. 8°, Leipzig, 1838-1844; vol. V, p. 305), dans ses efforts pour faire considérer l'attraction comme une propriété universelle de la matière. Il ne faut pas oublier cependant que François *Bacon* regardait déjà, bien que sur des indices moins solides, l'attraction entre les corps comme une propriété générale de la matière (Novum organum [1620], lib. II, cap. 36; De dignitate et augmentis scientiarum [1624], lib. III, cap. 4).

Malgré de si brillants résultats, il ne faudrait pas croire pourtant que le principe de l'attraction fut immédiatement admis par les hommes de science. On sait qu'en France le système des tourbillons, soutenu par le grand nom de *Descartes*, fit pendant plus d'un demi-siècle une rude et malheureuse résistance. Mais les esprits les plus indépendants et les plus éclairés ne se rendirent eux-mêmes que par degrés. On reconnaissait la puissance de la théorie newtonienne pour expliquer les phénomènes, sans y voir d'abord autre chose qu'une hypothèse propre à servir de base au calcul. On se refusait à regarder l'attraction universelle comme une loi de la nature. En 1690, *Huygens* écrivait à *Leibnitz* que le principe de l'attraction lui paraissait « absurde » (*Uylenbroek*, C. Hugenii... exercitationes mathematicae, 2 vol. 4°, Hagae Comitum, 1833; vol. I, p. 41); mais deux ans plus tard, en écrivant à *L'Hospital*, il se contente de dire qu'il est encore « peu vraisemblable » (ibid.; vol. I, p. 247). *Euler* lui-même,

dans sa pièce sur le flux et le reflux de la mer, ne se montre pas parfaitement persuadé de l'attraction mutuelle de toutes les molécules matérielles (**Paris, Rec, IV, 1741, 255**).

On pourra lire une dissertation de *von Oppolzer*, sur la question de savoir si la loi d'attraction de Newton est rigoureuse ou seulement approchée :

1595. **Oppolzer, T. von.** Ist das Newton'sche Attractionsgesetz zur Erklärung der Bewegungen der Himmelskörper ausreichend? Hat man Veranlassung, dasselb nur als Näherungsausdruck zu bezeichnen?

Dans l'Amtlicher Bericht über die Versammlung der Deutschen Naturforscher und Aerzte, 4°; année 1881, Salzburg.

Parmi les premiers travaux dans lesquels on prit pour base la théorie newtonienne, il faut citer :

1596. **Bernouilli, D_1.** Disquisitiones physico-astronomicae problematis . . . quaenam sit causa physica inclinationis planorum in quibus planetae orbitas suas describunt, ad planum aequatoris Solis. [1734]. **Paris, Rec, III, 1741, n° 2.**

Avec version française.

Et à la tête des physiciens qui ont regardé la gravitation comme un simple cas particulier d'une force unique et universelle, on mentionne :

1597. **Boscovich, R. G.** Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium; 4°, Viennae Austriae, 1758. — Réimprimé successivement : 4°, Viennae Austriae, 1759; 4°, Venetiis. 1763; 4°, Viennae, 1764.

L'auteur ramène toutes les forces physiques à une seule, l'attraction, qui changerait de signe lorsque la distance devient très-petite.

La difficulté la plus sérieuse dans l'application de la loi de la gravitation aux phénomènes célestes, fut soulevée à l'occasion du mouvement séculaire du périgée de la Lune. *Clairaut* n'avait pu accorder d'abord le déplacement observé avec celui que lui fournissait la théorie. Il avait cru, en conséquence, qu'il faudrait introduire, dans l'expression de l'attraction des corps célestes, un terme réciproque à la quatrième puissance de la distance. Voyez :

1598. **Clairaut, A. C.** Du système du monde dans les principes de la gravitation universelle. **Paris, H & M, 1745, 329.**

Mais *Buffon* se refusa à l'idée qu'une loi aussi universelle, une aussi grande loi de la nature, n'eût pas une expression éminemmment simple. Il engagea *Clairaut* à revoir ses calculs, avant de conclure définitivement, et discuta avec lui :

1399. Buffon, J. L Le Clercq de. Réflexions sur la loi de l'attraction. **Paris, H & M, 1745, 493, 551, 580.**

Clairaut se défendit d'abord :

1400. Clairaut, A. C. Sur la loi de l'attraction. **Paris, H & M, 1745, 529, 578, 583.**

Mais ayant pris le parti de calculer les termes du second ordre dans le mouvement du périgée de la Lune, il trouva que ces termes acquéraient une influence sensible, et qu'ils suffisaient à tout expliquer.

1401. Clairaut, A. C. De l'orbite de la Lune en ne négligeant pas les carrés des quantités de même ordre que les forces perturbatrices. **Paris, H & M, 1748, 421.**

La propagation de la force attractive des corps célestes se fait-elle instantanément, ou bien cette transmission prend-elle un certain temps et a-t-elle une vitesse finie? Le premier géomètre qui souleva cette question fut Daniel$_1$ *Bernoulli*, qui, en présence du retard d'un jour et demi des plus grandes marées sur les instants des syzygies, avait pensé que cet intervalle représentait peut-être le temps employé par l'attraction de la Lune à se transmettre à la mer (**Paris, Rec, IV, 1741, 53**). *Laplace* se demanda quelle vitesse de propagation expliquerait l'accélération séculaire de la Lune, et il montra que cette hypothèse attribuerait à la transmission de l'attraction terrestre une vitesse dépassant 8 000 000 de fois celle de la lumière (**Paris, Mpr$_1$, VII, 1776, 165**). Plus tard, lorsqu'il eut fixé ailleurs la cause de l'accélération de la Lune, il trouva qu'il faudrait porter ce chiffre à 100 000 000 de fois au moins celle de l'ondulation lumineuse (**Laplace, TMc, IV, 1805,** liv. x, **ch.** vij, **n° 22**).

Les théories qui ont été proposées pour rendre compte de la gravitation et de la pesanteur sont très-nombreuses. On trouvera la nomenclature d'une classe entière de ces travaux, par :

1402. Taylor, W. B. Kinetic theories of gravitation.

Dans Annual reports of the board of regents of the Smithsonian Institution, 8°, Washington; année 1876, p. 205.

Postérieurement aux ouvrages signalés dans ce résumé, il faut mentionner :

1403. **Zöllner, J. C. F.** Erklärung der universellen Gravitation aus den statischen Wirkungen der Elektricität und die allgemeine Bedeutung des Weber'schen Gesetzes; 8°, Leipzig, 1881.

§ 112. THÉORIE DES PERTURBATIONS.

Avant d'avoir trouvé par le calcul la raison des dérangements du mouvement elliptique, dans le cours des planètes, on n'était pas sans avoir réfléchi sur ces écarts. L'observation avait fait connaître quelques-unes des perturbations principales, notamment les traits généraux de la grande inégalité de Jupiter et de Saturne, sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure. Il était naturel de se demander où se trouvaient les causes de ces altérations.

Dans sa remarquable étude sur les satellites de Jupiter, *Borelli* va jusqu'à indiquer que les inégalités remarquées dans les mouvements de ces petits corps sont le produit de l'action secondaire du Soleil (*Borellus*, Theoria medicearum planetarum, 4°, Florentiae, 1666, cap. 11). C'est le premier vestige de la théorie des perturbations.

Newton vint jeter un jour inattendu sur cette matière, lorsque, dans les Principia, il considéra sommairement l'action mutuelle de deux planètes circulant autour du Soleil. Il observe, en particulier, que l'action de Jupiter sur Saturne, dans la conjonction de ces planètes, étant à l'action du Soleil sur Saturne, dans le rapport de 1 à 211, elle ne peut pas être négligée (Newtonus, PPm, lib. III, prop. XIII, theor. 13).

Le premier géomètre qui aborda le problème des perturbations fut Léonard *Euler*, qui l'attaqua d'une manière générale dans son ouvrage :

1404. **Euler, L.** Opuscula varii argumenti, 3 vol. 4°, Berolini; vol. I, 1746.

Il fonda la méthode de la variation des coordonnées, en supposant constant l'élément du temps. Les coordonnées dont il se sert sont les coordonnées polaires, employées alors exclusivement par les astronomes. Ses calculs sont présentés par leurs résultats dans la pièce qui remporta le prix de l'Académie des sciences de Paris en 1748, et qui avait été remise au secrétariat de cette Académie le 27 juillet 1747 :

1405. **Euler, L.** Sur la manière de chercher une théorie de Saturne et de Jupiter par laquelle on puisse expliquer les inégalités que ces deux planètes paraissent se causer mutuellement, surtout vers le temps de leur conjonction. Paris, Rec, VI, 1749, n° 6.

L'analyse par laquelle il était parvenu à ces résultats se trouve exposée dans un mémoire de 1748, dans lequel il effectue, entre autres développements, celui des principaux termes produits par la Lune, dans le mouvement de la Terre. Il y obtient les perturbations de la longitude, par l'intégration directe des équations différentielles

des coordonnées polaires. Ce mémoire, traduit d'abord en russe et inséré dans le recueil : Soverjanie outschenikh razsoujdeniy Akademiï naouck, 4°, Sankt Peterbourg, t. I, 1748, p. 81, était écrit par l'auteur en latin :

1406. Euler, L. Quantum motus Terrae a Luna perturbetur accuratius inquiritur. Petropolis, NCi, I, 1750, 428.

On retrouve aussi l'indication de la méthode, dans le second mémoire de prix, par le même auteur, couronné à Paris :

1407. Euler, L. Sur les dérangements que Saturne et Jupiter se causent mutuellement, principalement vers le temps de leur conjonction. Paris, Rec, VII, 1752, n° 2.

Quelques mois après le dépôt du premier travail d'*Euler,* c'est-à-dire vers la fin de 1747, *Clairaut* et d'*Alembert* présentèrent à l'Académie de Paris leurs recherches sur « le problème des trois corps. » Ils avaient eu particulièrement en vue le mouvement de la Lune autour de la Terre, troublé par le Soleil. La marche qu'ils suivent, bien que différente de celle d'*Euler,* dont ils n'avaient pas encore vu le mémoire, repose également sur le calcul de la variation des coordonnées. On peut juger de celle adoptée par *Clairaut*, dans sa Théorie de la Lune couronnée en 1750 par l'Académie de Pétersbourg, et publiée par cette Académie :

1408. Clairant, A. C. Théorie de la Lune; 4°, Saint-Pétersbourg, 1752. (Voir § 115, n° 1509.)

Quant à celle de d'*Alembert*, elle est exposée avec développement dans l'ouvrage :

1409. Alembert, J. L. d'. Recherches sur différents points importants du système du monde; 3 vol. 4°, Paris, 1754-1756.

Dans le vol. I, 1754 et le vol. II, 1754, l'auteur traite le problème des trois corps; dans le vol. III sont réunies des recherches diverses sur la construction des tables de la Lune. C'est par une extension des formules qui lui servent à calculer le mouvement troublé de notre satellite, que d'*Alembert* détermine les perturbations des planètes par leur action mutuelle. Il est le premier à aborder les perturbations du mouvement d'une planète par l'action de ses satellites, et il indique à cet effet le moyen le plus simple, fondé sur le mouvement à très-peu près elliptique du centre commun de gravité de tous ces corps autour du Soleil.

Tobie *Mayer* réalisa un progrès d'une certaine importance, dans le calcul des perturbations, en donnant à ce calcul une forme plus favorable aux applications. Il sub-

stitua notamment la latitude à la donnée complexe de l'inclinaison et de la longitude du nœud :

1410. Mayerus, T. Theoria Lunae juxta systema Newtonianum, 4°, Londini, 1767.

Joint à ses Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini, 1770.

Parmi les progrès subséquents de la méthode qui emploie les variations des coordonnées, il faut citer la représentation par une seule fonction des perturbations du rayon vecteur, de la longitude et de la latitude, dont l'idée appartient à

1411. Klügel, G. S. De perturbationibus corporum cœlestium facilius et concinnius evolvendis. Gotinga, Ces_2, X, II, 1791, 54, 76; XII, 1795, 2.

Dans les premières recherches, on avait considéré la variation des coordonnées de la planète troublée. Une autre marche allait se présenter aux esprits des géomètres, celle qui consiste à faire varier les constantes arbitraires de l'orbite. Le germe de cette nouvelle méthode se trouve encore dans :

1412. Euler, L. Théorie des inégalités de la Terre [1756]. Paris, Rec, VIII, 1771;

mémoire où l'auteur entreprend de calculer les perturbations périodiques de la Terre, par l'action des autres planètes.

Dans ce travail, en effet, *Euler* regarde les éléments du mouvement elliptique comme variables en vertu des forces perturbatrices. Mais il n'arrive pas à déterminer d'une manière simple les variations de ces éléments, au moins pour la plupart d'entre eux.

Ce mémoire d'*Euler* n'était pas encore imprimé, lorsque *Lagrange,* dans un travail dont voici le titre, fonda véritablement la méthode de la variation des constantes arbitraires :

1413. Lagrange, J. L. de. Solution de différents problèmes du calcul intégral. Turin, Mel, III, 1766. — Reproduit : Lagrange, OEu, I, 1867, 471.

Toutefois les équations différentielles du mouvement de la planète troublée, auxquelles *Lagrange* arrive ici, ne sont pas tout à fait exactes, parce qu'elles ne renferment point la variation du grand axe, à laquelle l'auteur n'a pas eu égard, non plus qu'à la variation de l'époque.

Afin de ne plus revenir sur ce sujet, nous ajouterons immédiatement que l'exposi-

tion la plus complète et la plus symétrique de la méthode de la variation des constantes se trouve dans le mémoire :

1414. Lagrange, J. L. de. Mémoire sur la théorie des variations des éléments des planètes, et en particulier des variations des grands axes de leurs orbites. Paris, $Mém_1$, IX, 1809, 1. — Reproduit : Lagrange, OEu, VI, 1873, 713.

La fin du siècle fut marquée par l'apparition du grand ouvrage de *Laplace,* dans lequel la Mécanique céleste se trouvait en quelque sorte codifiée. Les divers travaux épars, les théories disséminées dans les collections académiques, étaient ici résumés et coordonnés. Nous devons citer, comme relatifs au sujet qui nous occupe :

1415. Laplace, P. S. de. De la loi de la pesanteur universelle et des mouvements des centres de gravité des corps célestes,

formant le liv. II, de Laplace, TMc, I, 1799 ; et

1416. Laplace, P. S. de. Théorie des mouvements planétaires,

formant le liv. VI, de Laplace, TMc, III, 1802. Dans ce dernier travail, l'auteur calcule les perturbations propres aux différentes planètes.

En 1824, *Bessel* donna le moyen de déterminer séparément les perturbations produites par une planète sur une autre planète, et celles qui sont dues à l'influence de la première planète sur le lieu du Soleil :

1417. Bessel, F. W. Untersuchung des Theils der planetarischen Störungen, welcher aus der Bewegung der Sonne entsteht. Berlin, Abh, 1824, Math, 1. — Reproduit : Bessel, Abh, I, 1875, 84.

Il n'y eut guère ensuite que des changements d'expressions dans les mémoires de :

1418. Pfaff, C. G. A. Annotationes ad theoriam atque historiam perturbationum coelestium pertinentes. München, Dks, 1814-15, 161.

Et de :

1419. Grésy, T. A. Cisa de. Sur le problème de la perturbation des planètes. Turin, Mem_1, XXXIII, 1829, 275, 357.

Il n'y eut rien non plus de bien particulier dans le mémoire de *Ivory :*

1420. Ivory, J. On the theory of the perturbations of the planets. London, PTr, 1832, 195.

Dans ces divers travaux, les auteurs suivaient la méthode de la variation des constantes.

Le progrès le plus considérable, réalisé depuis l'introduction de cette méthode, fut l'idée conçue par *Hansen,* de prendre le temps pour variable indépendante, et de faire varier non plus les éléments, mais l'époque de la longitude moyenne. La variation des constantes entre alors dans les expressions elliptiques elles-mêmes, et les perturbations se trouvent transportées de la longitude vraie à la longitude moyenne. La longitude vraie dans l'orbite troublée est la même fonction du temps troublé que la longitude dans l'orbite elliptique est du temps simple. La première indication de cette importante modification se trouve dans :

1421. **Hansen, P. A.** Disquisitiones circa theoriam parturbationum quae motum corporum cœlestium afficiunt. **ANn, VII, 1829, 417. + Additions, VIII, 1831, 205; XI, 1834, 49.**

Cette méthode est exposée dans l'article du même auteur :

1422. **Hansen, P. A.** Theoria generalis perturbationum corporum coelestium. **ANn, XI, 1824, 509.**

Puis vint une explication de la forme nouvelle que cette méthode allait donner aux tables des planètes :

1423. **Hansen, P. A.** Expositio novae tabularum motum planetarum heliocentricum exhibentium formae. **ANn, XIII, 1836, 97.**

Il y a aussi un exemple, par *Hansen,* de l'application de sa méthode aux perturbations absolues de la comète de Encke, causées par Saturne :

1424. **Hansen, P. A.** Ermittlung der absoluten Störungen in Ellipsen von beliebiger Excentricität und Neigung; formant le vol. I (le seul qui ait paru) des Schriften der Sternwarte Seeberg, 4°; Gotha, 1843. — Traduit en français par *V. Mauvais* dans la **CdT, 1847, 3.**

Nous avons surtout considéré jusqu'ici la partie du calcul des perturbations qui consiste dans l'intégration des équations du mouvement, sous l'influence des forces perturbatrices. La méthode primitive de la variation des coordonnées conserve encore des avantages pour les perturbations périodiques, surtout celles de courtes périodes. C'est aussi pour ces perturbations qu'on peut employer avec fruit l'expression partielle des coordonnées en termes d'une certaine fonction du temps. Mais la méthode de la variation des constantes l'emporte pour le calcul des perturbations séculaires, et même des perturbations périodiques à longues périodes.

L'intégration des équations du mouvement ne forme toutefois que la seconde partie

du problème des perturbations. Il faut d'abord effectuer le développement des forces perturbatrices, ou de quantités dont ces forces sont des fonctions. Les géomètres du siècle dernier, traitant le cas d'excentricités et d'inclinaisons petites, suivaient dans ce développement une marche purement analytique, c'est-à-dire qu'ils développaient la fonction suivant les puissances des excentricités et de l'inclinaison mutuelle des deux orbites. C'est évidemment une méthode restreinte; elle devient inapplicable quand les inclinaisons et les excentricités sont grandes; il faut recourir alors à des quadratures mécaniques, pour effectuer le développement de la fonction perturbatrice.

Avec le progrès des recherches, le développement de cette fonction, préalable en quelque sorte au calcul des perturbations, a donc fait l'objet de travaux particuliers de plus en plus importants. En 1809, *Lagrange*, dans le mémoire cité plus haut sous le n° 1414, avait donné l'expression des variations des éléments, par des coefficients différentiels de la fonction perturbatrice. A mesure qu'on cherchait à porter plus loin l'exactitude des approximations numériques, on éprouvait le besoin de recourir à des développements plus complets ou plus rapides. *Burckhardt* développa cette fonction jusqu'aux termes dépendant de la 6[e] puissance de l'excentricité :

1425. **Burckhardt, J. C.** Formules générales pour les perturbations de quelques ordres supérieurs. **Paris, Mem$_1$, IX, II, 1808, 36.**

On peut voir sur le même sujet :

1426. **Laplace, P. S. de.** Sur le développement en série du radical qui exprime la distance mutuelle de deux planètes, et sur le développement du rayon vecteur elliptique. **CdT, 1828, 311.**

On remarque dans ce travail un procédé pour estimer les termes éloignés dans le développement de la fonction perturbatrice.

Bessel avait montré comment on peut exprimer, par des intégrales définies, les coefficients qui entrent dans les séries des perturbations des coordonnées, et qui dépendent du développement de la longitude de la planète. Voyez :

1427. **Bessel, F. W.** Analytische Auflösung der Kepler'schen Aufgabe. **Berlin, Abh, 1816-17, Math, 49. — Reproduit : Bessel, Abh, I, 1875, 17.**

Il faut rapprocher de ce travail :

1428. **Poisson, S. D.** Sur une nouvelle manière d'exprimer les coordonnées des planètes dans le mouvement elliptique. **CdT, 1825, 379.**

L'auteur exprime sous forme finie les coefficients du développement de la longitude et de la latitude, en séries de sinus des multiples de l'anomalie moyenne.

Mais *Carlini* avait fait voir que les séries développées en fonction de la longitude moyenne cessent d'être convergentes lorsque l'excentricité surpasse 0,62 :

1429. **Carlini, F.** Ricerche sulla convergenza della serie che serve alla soluzione del problema di Keplero. **EfM, 1818, 3.**

Ce résultat avait été confirmé par *Laplace* :

1430. **Laplace, P. S. de.** Mémoire sur le développement de l'anomalie vraie et du rayon vecteur elliptique, en séries ordonnées suivant les puissances de l'excentricité. **Paris, Mem₂, VI, 1823, 61.**

C'était donc par les difficultés du développement de la fonction perturbatrice que l'on était arrêté. En présence de cet obstacle, *Lubbock* essaya de substituer la longitude moyenne à la longitude vraie, dans le calcul des perturbations :

1431. **Lubbock, J. W.** Researches in physical Astronomy. **London. PTr, 1830, 327.**

Ces recherches ont été continuées dans les volumes de 1831, p. 17 et 283; 1832, p. 229 et 601. Dans le dernier de ces mémoires, il présente une comparaison intéressante entre les deux méthodes de la variation des coordonnées et de la variation des constantes, et montre qu'elles donnent toutes les deux, comme on devait d'ailleurs le prévoir, des résultats identiques.

On peut voir, en outre, les travaux indiqués ci-dessous, relatifs également au développement de la fonction perturbatrice, et qui nous conduisent jusqu'aux recherches de *Cauchy* :

1432. **Lubbock, J. W.** Researches in physical Astronomy : on the development of R. **London, PTr, 1832, 601.**

1433. **Lubbock, J. W.** On the planetary theory. **London, MAS, V, 1833, 239.**

1434. **Poisson, S. D.** Sur le développement des coordonnées d'une planète dans son mouvement elliptique, et de la fonction perturbatrice de ce mouvement. **CdT, 1836, 3.**

L'idée de *Cauchy*, renfermée dans les articles des comptes rendus dont on va trouver les titres, est d'effectuer le développement mécaniquement par rapport à une planète, en conservant comme indéterminée l'anomalie excentrique de l'autre planète.

1435. **Cauchy, A.** Méthode simple et générale pour la détermination numérique des coefficients que renferme la fonction perturbatrice. **Paris, Crh, XI, 1840, 453, 501.**

1436. **Cauchy, A.** Note sur la substitution des anomalies excentriques aux anomalies moyennes dans le développement de la fonction perturbatrice. **Paris, Crh, XIII, 1841, 850.**

1437. **Cauchy, A.** Sur le nouveau développement de la fonction perturbatrice, et sur diverses formules qui rendent plus facile l'application du calcul des résidus à l'Astronomie. **Paris, Crh, XV, 1842, 301.**

1438. **Cauchy, A.** Décomposition de la fonction perturbatrice en produits de facteurs dont chacun se rapporte à une seule planète. **Paris, Crh, XV, 1842, 478**

1439. **Cauchy, A.** Sur les développements de la fonction perturbatrice en séries ordonnées suivant les puissances entières des exponentielles trigonométriques. **Paris, Crh, XIX, 1844, 782.**

Puiseux a donné à ces différents fragments une forme homogène :

1440. **Puiseux, V.** Mémoire sur les inégalités à longues périodes du mouvement des planètes. **Paris. MOb, VII, 1865, 165.**

Toutefois la méthode n'était encore destinée qu'au calcul des inégalités à longue période. Mais *Hansen* en a pris le principe dans son mémoire sur les perturbations des comètes qui a obtenu le prix de l'Institut, à Paris, en 1848. Ce mémoire a paru dans le tom. I du Supplément aux Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris :

1441. **Hansen, P. A.** Mémoire sur le calcul des perturbations qu'éprouvent les comètes; 4°, Paris, [1849].

Plus tard, *Hansen* a appliqué le même principe au développement général des perturbations :

1442. **Hansen, P. A.** Disquisitiones novae circa theoriam perturbationum; 4°, Gothae, 1856.

Et :

1443. **Hansen, P. A.** Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. **Leipzig, Abh, III, 1857, 41; IV, 1857, 1.**

Au lieu d'une ellipse auxiliaire invariable, *Weiler,* dans un travail fort important, introduit le paramètre variable d'une ellipse képlérienne :

1444. Weiler, J. A. Grundzüge einer neuen Störungstheorie und deren Anwendung auf die Theorie des Mondes. Leipzig, Pub, XII, 1872.

G. W. Hill, tout en suivant la méthode de *Hansen,* s'est efforcé de substituer comme variable l'anomalie vraie à l'anomalie moyenne :

1445. Hill, G. W. On the development of the perturbative function in periodic series; 4°, London, 1874.

Mais *Gyldén* a préféré l'emploi de l'anomalie excentrique. On lui doit un beau tratail sur le calcul des perturbations absolues, particulièrement applicable aux orbites des petites planètes :

1446. Gyldén, H. Grunddragen of en method för beräkningen af absoluta störingar, med hufvudsakligt afseende på de små planeternas banor.

Dans Bihang till Svenska Ventenskaps-Akademiens Handlingar, 8°, Stockholm; vol. II, 1875, n° 15.

Gyldén a tiré un heureux parti des fonctions elliptiques dans la théorie des perturbations. Il développe la fonction perturbatrice suivant les multiples d'une intégrale elliptique. Voyez à cet égard :

1447. Gyldén, H. Extrait d'une lettre relative à l'application des fonctions elliptiques à la théorie des perturbations. JdM_3, II, 1876, 411.

Et :

1448. Gyldén, H. Ueber die Theorie der Bewegungen der Himmelskörper. ANn, C, 1881, 97.

De Gasparis s'est aussi appliqué au calcul des perturbations, et est parvenu, entre autres, à une simplification d'une certaine importance dans le calcul des coordonnées troublées :

1449. Gasparis, A. de. Essai d'un calcul des perturbations. ANn, XCV, 1879, 221.

On verra également :

1450. Newcomb, S. A method of developing the perturbative function of planetary motion. American journal of mathematics pure and applied, edited by *J. Sylvester,* 4°; vol. III, 1880, Cambridge (Mass.), p. 193.

Citons encore ici les tables de *Runkle* :

1451. Runkle, J. D. New tables for determining the values of the coefficients, in the perturbative function of planetary motion, which depends upon the ratio of the mean distance; 4°, Washington, 1855. + Asteroid Supplement, 1855.

Enfin nous devons mentionner les travaux de *Wronski* et de *Jacobi.*

Wronski déduit les formules du mouvement conique d'une loi très-générale, qui est au fond équvalente à la loi newtonienne : le produit de la vitesse angulaire par la vitesse linéaire moyenne entre les vitesses extrêmes, est égal à la somme des attractions des deux astres, ou, en d'autres termes, à la force attractive accélératrice dans le mouvement relatif (*Wronski*, *H.*, Le destin de la France, de l'Allemagne et de la Russie comme prolégomènes du Messianisme, 8°, Paris, 1842; p. 255-299). Cette marche permet l'introduction immédiate du paramètre exprimé par la vitesse linéaire moyenne, dont l'auteur calcule ensuite les variations (*Wronski*, *H.*, Réforme absolue... du savoir humain, tom. I [le seul qui ait paru], réforme des mathématiques, 4°, Paris, 1847; p. lv-lxv). Dans ce nouvel ouvrage, il calcule les paramètres variables, sous forme d'intégrales définies, ayant le temps pour variable indépendante, et renfermant les composantes de la force perturbatrice : radiale, perpendiculaire au rayon vecteur, et normale au plan variable de l'orbite. Il donne également, d'après une méthode algorithmique qui lui est propre, les expressions de ces composantes suivant les puissances du sinus de l'inclinaison.

Villarceau, dans l'article dont le titre suit, a annoncé qu'il avait vérifié une partie des formules de *Wronski* :

1452. Villarceau, L. Note sur les méthodes de *Wronski*. Paris, Crh, XCII, 1881, 815.

A *Jacobi*, on doit sur la théorie des perturbations un mémoire souvent cité :

1453. Jacobi, C. G. J. Sur l'élimination des nœuds dans le problème des trois corps. Paris, Crh, XV, 1842, 236. — Reproduit : JdM_1, IX, 1844, 313; et en allemand : JfM, XXVI, 1843, 115 et ANn, XX, 1843, 81.

Cet analyste est connu surtout pour sa théorie dynamique, au sujet de laquelle on consultera :

1454. Jacobi, C. G. J. Bewegung eines Planeten um die Sonne : Lösung in Polarcoordinaten.

Dans ses Vorlesungen über Dynamik, 4°, Berlin, 1866, p. 183, 189.

Ainsi que :

1455. **Jacobi, C. G. J.** Ueber diejenigen Probleme der Mechanik, in welchen eine Kräftefunction existirt, und über die Theorie der Störungen.

Également dans ses Vorlesungen über Dynamik, 4°, Berlin, 1866, p. 303.

A la suite de tant de travaux, les « recherches astronomiques » de *Le Verrier,* publiées dans la collection des Annales de l'Observatoire de Paris, Mémoires, sont venues constituer un magnifique complément pratique de la Mécanique céleste de Laplace. L'auteur y passe en revue tout le système astronomique, pour fixer les bases numériques de tous les calculs. Voici, dans ce vaste ensemble, les mémoires qui se rapportent au calcul des perturbations :

1456. **Le Verrier, U. J.** Mouvement des corps célestes autour du Soleil, seconde approximation, méthode de la variation des arbitraires. **Paris, MOb, I, 1855, 232.**

1457. **Le Verrier, U. J.** Développement de la fonction qui sert de base au calcul des perturbations des mouvements des planètes. **Paris, MOb, I, 1855, 258, 343, 358.**

Le Verrier, U. J. Développement de la fonction $(1 + \alpha^2 - 2\alpha \cos \theta)^{-s}$ en série. **Paris, MOb, II, 1856, 1, [1].**

1458. **Le Verrier, U. J.** Détermination des perturbations du premier et du second ordre par rapport aux masses; perturbations des éléments des orbites et des coordonnées héliocentriques. **Paris, MOb, II, 1856, 21.**

Le Verrier, U. J. Valeurs des coefficients $B^{(i)}$ et de leurs dérivées, pour les huit planètes principales considérées deux à deux. **Paris, MOb, II, 1856, 67.**

1459. **Le Verrier, U. J.** De quelques formules propres à simplifier le calcul des perturbations des divers ordres ou à leur servir de vérification. **Paris, MOb, XIII, 1876, 1.**

Nous avons réservé, pour en faire mention au § 113, ce qui se rapporte plus particulièrement aux variations séculaires. *Le Verrier,* dans les travaux qui viennent d'être énumérés a étendu par des tables qui facilitent les calculs, l'usage du développement analytique de la fonction perturbatrice. Il a calculé les coefficients numériques des inégalités en donnant à cette fonction des valeurs particulières, et en éliminant alors les inconnues. Il a fait faire des progrès sensibles à la méthode des quadratures mécaniques. Avant lui, dans l'application de ce procédé, on divisait la circonférence en parties égales. Il a montré l'avantage de faire varier au contraire l'angle suivant lequel on opère, par des intervalles incommensurables avec la circonférence.

Les travaux que nous venons de passer en revue s'appliquent surtout aux perturbations des planètes. Quand les orbites deviennent fort excentriques ou fort inclinées, comme le cas se présente souvent pour les comètes, l'emploi des quadratures mécaniques est indispensable. *Clairaut* s'occupa le premier des perturbations des comètes. Il appliqua sa solution du problème des trois corps, par la variation des coordonnées, au retour de la comète de Halley en 1759. Voyez à cet égard :

1460. Clairaut, A. C. Mémoire sur le problème des trois corps. **JdS$_1$, 1759 août; 1760, déc.; 1761, janv., juin, déc.; 1762, févr., mai, juin.**

1461. Clairaut, A. C. Théorie des mouvements des comètes, dans laquelle on a égard aux altérations que leurs orbites éprouvent par l'action des planètes, avec l'application de cette théorie à la comète qui a été observée dans les années 1531, 1607, 1682 et 1759; 8°, Paris, 1760.

Lagrange s'occupa ensuite de ce problème :

1462. Lagrange, J. L. de. Recherches sur la théorie des perturbations que les comètes peuvent éprouver par l'action des planètes. **Paris, Mpr$_1$, X, 1785, 65.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, VI, 1873, 403.**

Il décompose les forces perturbatrices suivant trois coordonnées rectangulaires, et intègre par quadratures.

Cette branche de la science resta longtemps à ce point, faute surtout d'une nouvelle occasion qui engageât à calculer les perturbations d'une comète. Cette occasion s'étant présentée à la suite de l'apparition de la grande comète de 1807, *Bessel,* alors tout jeune, prit une marche un peu différente. Il décomposa la force purturbatrice suivant le rayon vecteur et ses deux perpendiculaires, dont l'une dans le plan de l'orbite et l'autre perpendiculaire à ce plan. Cette décomposition mène aux variations des éléments. Son travail forme un ouvrage séparé :

1463. Bessel, F. W. Untersuchungen über die scheinbare und wahre Bahn des im Jahre 1807 erschienenen grossen Kometen; 4°, Königsberg, 1810.

Il fit par la suite l'application de la même méthode à la comète d'*Olbers* de 1815 :

1464. Bessel, F. W. Untersuchungen über die Bahn des Olbers'schen Kometen. **Berlin, Abh, 1812-13, Math, 119.**

Encke, dans des calculs analogues, suivit la même marche que *Bessel.* Seulement, lorsque l'astre troublé est loin des astres perturbateurs, il le rapporte sans erreur sensible au centre commun de gravité du Soleil et des planètes. Telle est la marche dont il donna l'exemple dans :

1465. Encke, J. F. Ueber die nächste Wiederkekr des Cometen von Pons im Jahre 1832. **ANn, IX, 1831, 317.**

De Damoiseau a appliqué tour à tour à la comète de Halley (**Turin, Mem$_1$, XXIV, 1820, 1**) et à celle de Biela (**CdT, 1827, 219; Paris, Mem$_2$, VIII, 1829, 215**) un procédé de calcul dans lequel le premier axe des coordonnées est celui de l'orbite, et les deux autres sont réglés par la situation du plan de cette orbite à l'origine du temps. Voyez l'exposition qu'il a donnée :

1466. **Damoiseau, M. C. T. de.** Sur les perturbations des comètes. **CdT, 1832, 25.**

De Pontécoulant, en calculant de son côté le même retour de la comète de Halley en 1835, a fait une application de la méthode de *Lagrange :*

1467. **Pontécoulant, G. de.** Détermination du prochain retour au périhélie de la comète de 1759. **CdT, 1833, 104.**

On peut rattacher à ce genre de calcul celui des perturbations spéciales, c'est-à-dire des perturbations limitées à un intervalle de temps déterminé. Il n'est pas nécessaire alors de pratiquer l'intégration générale des équations du mouvement troublé. Cette simplification s'applique notamment aux petites planètes. Elle pourrait être employée, dit *Encke,* qui l'a préconisée d'une manière toute particulière, aux perturbations de Jupiter et de Saturne, depuis l'époque des observations de Bradley jusqu'à nous. Voici le titre du travail fondamental de *Encke* sur ce sujet :

1468. **Encke, J. F.** Ueber die Berechnung der speciellen Störungen. **BaJ, 1837, 288; 1838, 264; 1858, 307.**

Au reste, il est possible de donner une portée plus générale à la forme d'intégration des équations différentielles que *Encke* a adoptée dans ces recherches. *Bond* l'avait déjà vu dans :

1469. **Bond, G. P.** On some applications of the method of mechanical quadratures. **Boston, Mem$_2$, IV, 1849, 189.**

Encke lui-même en a fait l'objet d'un mémoire :

1470. **Encke, J. F.** Ueber die allgemeine Störungen der Planeten. **BaJ, 1857, 319.**

Traduction.

Nouvelle méthode pour calculer les perturbations des planètes (traduit par *Terquem* et *Lafon*).

Dans les Mémoires de la Société des sciences, lettres et arts de Nancy, 3ᵉ série, 8°, Nancy; année 1858, p. 5.

Tout ce qui touche les perturbations des différentes planètes en particulier et les inégalités de leurs satellites, se trouve placé aux monographies de ces astres. La théorie de la Lune a seule été conservée dans le présent chapitre, au § 115 ci-après, à cause des caractères spéciaux qu'elle présente, au point de vue même des méthodes.

Sur l'historique de la théorie des perturbations, on consultera :

1471. Laplace, P. S. de. Notice historique des travaux des géomètres et des astronomes sur cet objet [le mouvement des planètes et des comètes].

Dans Laplace, TMc, V, 1825, liv. xv, ch. 1.

On verra aussi l'ouvrage plus général de *Grant,* indiqué § 45, nº 275, ainsi que l'ouvrage suivant :

1472. Gautier, A. Essai historique sur le problème des trois corps ou dissertation sur la théorie des mouvements de la Lune, et des planètes, abstraction faite de leur figure; 4°, Paris, 1817.

Enfin au sujet des recherches les plus récentes, surtout celles qui ont été tentées dans la direction ouverte par *Hansen* et habilement suivie par *Gyldén,* on peut consulter :

1473. Radau, R. Travaux concernant le problème des trois corps et la théorie des perturbations. Bma_2, V, 1881, 270.

§ 113. VARIATIONS SÉCULAIRES.

Au VII[e] siècle, les Hindous connaissaient les mouvements des nœuds et des apsides (Paris, His, II, 1733, 73). Ces variations étaient un fait acquis, pour les astronomes arabes, et par suite pour ceux de la renaissance en Europe. Mais on ignorait la cause de ces déplacements. Ce fut *Newton* qui donna la première explication du mouvement des apsides (Newtonus, PPm, 1687, lib. I, prop. 9), et de celui des nœuds (ibid., lib. III, prop. 30-33). Il ne restait qu'à développer cette application de la théorie de l'attraction.

Les expressions des variations séculaires des planètes, données par les premiers analystes qui s'étaient occupés de cette question, notamment par *Euler* dans le mémoire cité plus haut, § 112, sous le nº 1407, et par *Lagrange,* dans celui rapporté au même §, nº 1413, offraient de notables discordances. Elles étaient, en effet, inexactes. Ce fut seulement quand *Laplace* reprit cette question, que les formules des

inégalités séculaires furent correctement établies et reçurent leur forme la plus simple. Voyez :

1474. Laplace, P. S. de. Sur le principe de la gravitation universelle et sur les inégalités séculaires des planètes, qui en dépendent [1772]. **Paris, Mpr$_1$, VII, 1776, 165.**

Un progrès fut réalisé par *Lagrange,* dans un mémoire présenté à Paris en 1774, et qui a pour titre :

1475. Lagrange, J. L. de. Recherches sur les équations séculaires des mouvements des nœuds et des inclinaisons des orbites des planètes. **Paris, H & M, 1777, 97.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, VI, 1873, 635.**

L'auteur applique sa méthode de la variation des éléments ; mais au lieu de l'inclinaison et de la longitude du nœud, il considère les produits de l'inclinaison par le sinus et le cosinus de la longitude du nœud, et réduit par là le nombre des équations différentielles.

Le même géomètre donna ensuite une étude complète sur ce problème, dans laquelle il détermina pour la première fois, pour les différentes planètes, les limites des variations d'excentricité et d'inclinaison. Cette étude est renfermée dans les deux mémoires :

1476. Lagrange, J. L. de. Théorie des variations séculaires des éléments des planètes : 1) Principes et formules générales pour déterminer ces variations. **Berlin, Mem$_1$, 1781, 199.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, V, 1870, 125.**

1477. Lagrange, J. L. de. Théorie des variations séculaires des éléments des planètes : 2) Détermination de ces variations pour chacune des planètes principales. **Berlin, Mem$_1$, 1782, 169.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, V, 1870, 211.**

Les calculs numériques ont été refaits ensuite, avec des valeurs plus exactes des masses des planètes par *F. T. Schubert,* au t. III, 1798, de sa Theoretische Astronomie (voir § 37, n° 197), et par *Laplace* au t. III de son TMc, 1802 (voir § 110, n° 1387). Mais rien n'était changé à la méthode, lorsque *Gauss* proposa de distribuer la masse de la planète troublante, sur toute la circonférence de son orbite, dans la proportion du temps qu'elle emploie à parcourir les différents arcs de son ellipse :

1478. Gauss, C. F. Determinatio attractionis, quam in punctum quodvis positionis datae exerceret planeta, si ejus massa per totam orbitam ratione temporis, quo singulae partes describuntur, uniformiter esset dispertita. **Gotinga, Ces$_3$, IV, 1818, 21.** — Reproduit : **Gauss, WrK, III, 1866, 331.**

Ce travail contient le théorème de *Gauss* sur la réduction des intégrales elliptiques.

De Pontécoulant, en exécutant les calculs par la méthode de la variation des constantes (Théorie analytique du système du monde. 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1859), commit des erreurs, qui ont été signalées par *Le Verrier* (**Paris, Crh, IX, 1859, 550**). Celui-ci avait, à cette époque, repris les mêmes calculs dont il publia les résultats l'année suivante :

1479. **Le Verrier, U. J.** Sur les variations séculaires des éléments elliptiques des sept planètes principales. **JdM_1, V, 1840, 220.** — Reproduit : **CdT, 1843, 5.**

On trouve dans ce travail les limites des excentricités et des inclinaisons, et les éléments des quatre planètes inférieures pour 100 000 ans avant et 100 000 ans après 1800. Cette dernière partie se retrouve dans : **Paris, MOb, II, 1856, [29]**.

Les calculs dont on vient de parler avaient été exécutés avant la découverte de Neptune, et par conséquent on n'avait pas pu y tenir compte de cette planète. Reprenant ses déterminations, après cette découverte, *Le Verrier* inséra dans les Mémoires de l'Observatoire de Paris, une suite de mémoires sur les inégalités séculaires des éléments des orbites des huit principales planètes :

1480. **Le Verrier, U. J.** Des inégalités séculaires, développées suivant les puissances du temps. **Paris, MOb, II, 1856, 87.**

1481. **Le Verrier, U. J.** Expressions générales des inégalités séculaires, résultant de l'intégration complète des équations différentielles. **Paris, MOb, II, 1856, 105.**

1482. **Le Verrier, U. J.** Sur les inclinaisons relatives des orbites de Jupiter, Saturne et Uranus, et sur les mouvements des intersections de ces orbites. **Paris, MOb, II, 1856, [30]**.

Malheureusement, dans ce travail, l'auteur n'a pas considéré l'action de Neptune. Or l'action de cette planète change matériellement les résultats.

1483. **Le Verrier, U. J.** Intégration des équations différentielles dont dépendent les inégalités séculaires, en tenant compte des termes qui sont du troisième ordre par rapport aux excentricités et aux inclinaisons. **Paris, MOb, II, 1856, [58]**.

On trouve encore les inégalités séculaires des planètes calculées dans les mémoires suivants :

1484. **Pérévostchikoff, D.** Vikovia vosmoustchenia semi bolischikhi planeti. **Pétersbourg, MSm_2, VIII, 1857, 497; IX, 1859, 337; Mem, III, 1861, 184.**

Bien que le titre soit en russe, le texte est en français. On regrette que l'auteur n'ait pas encore tenu compte de Neptune.

1485. **Lehmann, W.** Die Elemente der Bahnen der acht Hauptplaneten, für die Fundamental-Epoche 1800, Jan. 1, nebst ihren differentiellen Säcular-Aenderungen erster und zweiter Ordnung. **ANn, LX, 1863, 289 . . .; LXI, 1864, 1; LXIII, 1865, 289 . . .; LXV, 1865, 113; LXVIII, 1867, 113 . . .; LXXII, 1868, 261.**

1486. **Stockwell, J. N.** Memoir on the secular variations of the elements of the orbits of the eight principal planets.

Dans Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, 1873, n° 3. Les cinq sections de ce travail traitent successivement : 1) des variations séculaires des excentricités et des périhélies; 2) des variations séculaires des nœuds et des inclinaisons; 3) de la position et des variations séculaires des orbites, lorsqu'on les rapporte au plan invariable du système planétaire; 4) de la précession des équinoxes et de l'obliquité de l'écliptique; 5) des valeurs tabulaires des éléments des orbites des planètes.

Enfin, *Le Verrier,* revenant sur les variations du système des quatre grosses planètes extérieures, a donné à la fin de sa carrière :

1487. **Le Verrier, U. J.** Variations séculaires des éléments des orbites des quatre planètes : Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. **Paris, MOb, XI, 1876, 1.**

On peut voir enfin, dans l'article suivant, une table des longitudes du périhélie de la Terre et de son excentricité, de 10 000 en 10 000 ans, d'après *Stockwell* et *Le Verrier,* depuis l'an — 3 260 000 jusqu'à l'an + 1 260 000 :

1488. **Mc Farland, R. W.** Perihelion and eccentricity. **AJS$_3$, XX, 1880, 105.**

§ 114. STABILITÉ DU SYSTÈME PLANÉTAIRE.

En 1772, *Laplace* annonça ce fait important que, dans le système planétaire, les moyens mouvements sont variables.

1489. **Laplace, P. S. de.** Mémoire sur les solutions particulières des équations différentielles et sur les inégalités séculaires des planètes. **Paris, H & M, 1772, 1, 343, 651.**

Sa conclusion était limitée cependant à la considération des termes du premier ordre par rapport aux forces perturbatrices; et il avait montré seulement que les variations des moyens mouvements sont de simples oscillations séculaires, lorsqu'on

se borne à envisager celles qui dépendent de la première et de la seconde puissance des excentricités et des inclinaisons. *Lagrange* montra que l'invariabilité des moyens mouvements subsiste, lorsqu'on étend les développements jusqu'à un ordre quelconque des excentricités et des inclinaisons :

1490. **Lagrange, J. L. de.** Sur l'altération des moyens mouvements des planètes. **Berlin, Mem$_1$, 1776, 199. — Reproduit : Lagrange, OEu, IV, 1869, 255.**

Mais *Lagrange* n'avait encore considéré que les premières dimensions des forces perturbatrices. *Laplace,* en exposant de nouveau le problème :

1491. **Laplace, P. S. de.** Mémoire sur les inégalités séculaires des planètes et des satellites. **Paris, H & M, 1784, 1,**

Laplace, disons-nous, avait peut-être établi plus solidement encore ses conclusions, mais toujours dans les mêmes limites, c'est-à-dire sous les mêmes restrictions. *Poisson,* au contraire, qui vint après lui, fit voir, dans un de ses premiers travaux et des plus brillants, que l'invariabilité des moyens mouvements est encore vraie, lorsqu'on tient compte des secondes dimensions par rapport aux masses :

1492. **Poisson, S. D.** Sur les inégalités séculaires des moyens mouvements des planètes. **Paris, JEP, VIII, 1809, 1 (cah. xv).**

Lagrange eut alors l'idée de rapporter les planètes au centre de gravité du système solaire, et par là il put confirmer la stabilité annoncée, en montrant qu'il n'existe pas d'inégalités séculaires du moyen mouvement, qui dépendent soit du premier, soit du second ordre des masses. Son travail a pour titre :

1493. **Lagrange, J. L. de.** Mémoire sur la théorie des variations des éléments des planètes, et en particulier des variations des grands axes de leurs orbites. **Paris, Mem$_1$, IX, 1809, 1. — Reproduit : Lagrange, OEu, VI, 1873, 713.**

On devait désirer d'étendre la démonstration aux puissances supérieures à la seconde. Le premier essai dans cette direction fut tenté par *Poisson,* qui à la page 55 du mémoire cité ci-dessous, entreprend de faire cette démonstration pour les termes du 3e ordre :

1494. **Poisson, S. D.** Mémoire sur la variation des constantes arbitraires dans les questions de mécanique. **Paris, Mem$_2$, I, 1816, 1.**

Toutefois cette démonstration n'était pas explicite.

Plus tard *F. Maurice* crut possible de montrer que la stabilité subsiste lorsqu'on envisage tous les ordres des forces perturbatrices :

1495. **Maurice, F.** De l'invariabilité des grands axes et des moyens mouvements des planètes, en tenant compte de tous les ordres des forces perturbatrices. **Paris, Crh, XV, 1842, 328.**

Mais l'exactitude de ses résultats fut contestée par

1496. **Liouville, J.** Lettre relative à une démonstration que M. Maurice a donnée du théorème sur l'invariabilité des grands axes des planètes. **Paris, Crh, XV, 1842, 425.**

Ainsi que par

1497. **Wantzel, L.** Remarques à l'occasion du mémoire de M. Maurice sur l'invariabilité des grands axes. **Paris, Crh, XV, 1842, 732.**

Malgré la défense présentée par *F. Maurice* (**Paris, Crh, XV, 1842, 598, 853**) ses résultats n'ont pas été regardés comme des faits acquis.

Un essai relatif aux termes du 3e ordre des masses a été fait plus récemment par

1498. **Mathieu, E.** Mémoire sur les inégalités séculaires des grands axes des planètes. **Paris, Crh, LXXIX, 1874, 1045. — Traduit : JfM, LXXX, 1875, 97.**

Mais *Haretu* a cru pouvoir montrer que l'invariabilité des grands axes n'existe pas pour la troisième puissance des masses :

1499. **Haretu, S. C.** Sur l'invariabilité des grands axes des orbites planétaires. **Paris, Crh, LXXXV, 1877, 504.**

Nous placerons ici ce qui se rattache au plan invariable du système planétaire. L'existence de ce plan a été signalée par

1500. **Laplace, P. S. de.** Sur la détermination d'un plan qui reste toujours parallèle à lui-même, dans le mouvement d'un système de corps agissant d'une manière quelconque les uns sur les autres et libres de toute action étrangère. **Paris, JEP, II, 1798, 155.**

Après quelques remarques de

1501. **Poisson, S. D.** Note sur le plan invariable. **BSm, IX, 1828, 361,**

se placent les considérations présentées par *Poinsot* sur la nécessité de tenir compte des mouvements de rotation, lorsqu'on détermine la situation du plan invariable :

1502. **Poinsot, L.** Mémoire sur la théorie et la détermination de l'équateur du système solaire. **BSm, XIII, 1830, 327.** — Reproduit à la suite de la nouvelle édition de ses Éléments de statique, 8°, Paris, 1837.

Voyez encore :

1503. **Radau, R.** Sur une propriété des systèmes qui ont un plan invariable. **JdM_2, XIV, 1869, 167.**

Nous donnerons au Chapitre VII, les éléments numériques qui servent à déterminer la situation du plan invariable du système planétaire.

§ 115. THÉORIE DE LA LUNE.

Cette théorie n'est au fond qu'un cas particulier du problème des perturbations. Elle offre cependant des difficultés spéciales et l'on est forcé de calculer un nombre considérable d'équations, dont les coefficients acquièrent des valeurs sensibles. Il existe quelques expositions élémentaires, par lesquelles on peut commencer l'étude de cette théorie. Nous citerons notamment :

1504. **Godfray, H.** An elementary treatise on the lunar theory, with a brief sketch of the history of the problem, up to the time of Newton; 8°, Cambridge, 1853. — Plusieurs éditions, la 4e, « revised », en 1871.

Indépendamment de la partie historique, qui est bien traitée, cet ouvrage peut servir d'introduction à la portion de la mécanique céleste qui s'occupe de la théorie de la Lune.

1505. **Kincaid, S. B.** An introduction to the lunar theory; 8°, Cambridge, 1879.

Il y a une notice historique sur les développements progressifs de cette théorie par

1506. **Laplace, P. S. de.** Du mouvement de la Lune : notice historique des travaux des géomètres et des astronomes sur cet objet.

Dans **Laplace, TMc, V, 1825**; liv. XVI, cap. 1.

Pour les travaux plus récents, on consultera :

1507. **Gautier, A.** Sur les travaux récents des géomètres et des astronomes relatifs à la théorie des mouvements de la Lune. **Arc_2, V, 1859, 201.**

Une première tentative d'analyser, en quelque sorte dans leurs causes, les inégalités du mouvement de la Lune, avait précédé la publication des Principes de *Newton*. *Horrocks* avait montré que les mouvements de notre satellite peuvent être représentés sans qu'on ait à se départir de l'ellipse, pourvu que l'on fasse varier l'excentricité et que l'on attribue une certaine oscillation à la ligne des apsides :

1508. **Horroccius, J.** Novae theoriae lunaris primum adinventae, et postea in emendatiorem formam reductae, explicatio.

Publié d'abord dans son Astronomia kepleriana promota et defensa, 4°, Londini, 1672. — Reproduit dans ses Opuscula posthuma, 4°, Londini, 1673; p. 465.

Il était réservé à *Newton* d'indiquer les causes des grandes inégalités dans le mouvement de la Lune (**Newtonus, PPm, 1687, lib. I, prop. 10**). En les analysant, l'évection lui échappa, mais il détermina la variation (**ibid., lib. III, prop. 29**) et considéra le mouvement du nœud (**ibid., lib. III, prop. 33**), ainsi que la variation de l'inclinaison de l'orbite (**ibid., lib. III, prop. 34**).

Le premier qui entreprit une théorie développée du mouvement de la Lune, d'après les principes de la gravitation newtonienne, fut *Clairaut*. Considérant l'orbite comme située dans le plan de l'écliptique, il donna une expression élégante et simple du rayon vecteur de la Lune, dont la première partie est la valeur elliptique rapportée à un apogée mobile, et dont la seconde dépend de la force perturbatrice. Son travail, dont voici le titre, fut couronné par l'Académie de Pétersbourg :

1509. **Clairaut, A. C.** Théorie de la Lune, déduite du principe de l'attraction, qui a remporté le prix de l'Académie en 1750; 4°, Saint-Pétersbourg, 1752. — 2e édit., 4°, Paris, 1765.

D'Alembert (Recherches sur différents points importants du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1756. — Voir § 112, n° 1409) prit pour coordonnées le rayon vecteur lunaire projeté sur le plan de l'écliptique et le mouvement vrai de la Lune rapporté à ce plan.

Tobie *Mayer* poussa les approximations analytiques plus loin que ses devanciers, dans des tables qui furent publiées dès 1752 (**Gotinga, Cii, II, 1752, 383**), mais qui furent revues par l'auteur et améliorées jusqu'à sa mort. On les a mentionnées au Chapitre XIII.

Le mouvement des apsides était une des difficultés de cette théorie. Il fut considéré avec habileté par

1510. **Walmesley, C.** The theory of the motion of the apsides in general, and of the apsides of the Moon's orbit in particular; 8°, London, 1754.

On peut faire d'ailleurs autant de théories de la Lune qu'il est possible d'imaginer de systèmes de coordonnées; mais en choisissant le système, il faut viser à la simplicité des intégrales du mouvement troublé. *Euler,* en abordant la théorie de la Lune, rapporta les coordonnées de cet astre à un axe mû sur l'écliptique autour du centre de la Terre, d'un mouvement égal au moyen mouvement de la Lune. Voyez :

1511 Euler, L. Théorie de la Lune et spécialement sur l'équation séculaire [1770]. Paris, Rec, IX, 1777, n° 8.

1512. Euler, L. & Euler, J. A. Nouvelles recherches sur le vrai mouvement de la Lune, où l'on détermine toutes inégalités auxquelles il est assujetti [1772]. Paris, Rec, IX, 1777, n° 7.

Ces recherches sont incorporées dans l'ouvrage développé :

1513. Eulerus, L. Theoria motuum Lunae; 4°, Petropoli, 1772.

On trouve une théorie complète de la Lune dans :

1514. Melanderhjelm, D. & Frisi, P. De theoria Lunae commentarii; 4°, Parmae, 1769. — Nouv. édit, 4°, Parmae et Lipsiae, 1782.

Frisi avait fourni l'expression analytique des équations du mouvement de la Lune, que *Melanderhjelm* a calculées en nombres pour les faire entrer dans une théorie de cet astre.

Laplace a donné aussi une théorie de la Lune :

1515. Laplace, P. S. de. Mémoire sur la théorie de la Lune. Paris, Mem_1, III, 1801, 198.

Ce travail forme la base de l'article relatif à la Lune, dans la Mécanique céleste :

Laplace, TMc, III, 1802, liv. VII. — Complété : V, 1825, liv. XVI.

Le calcul des différents termes qui entrent dans l'expression du mouvement vrai de la Lune, a été repris avec beaucoup de soins et de minutieux détails, par

1516. Plana, J. Théorie du mouvement de la Lune; 3 vol. 4°, Turin, 1832.

Dans ce grand ouvrage, *Plana* démontre (t. I, p. 217), entre autres théorèmes, que la latitude vraie de la Lune est indépendante du déplacement séculaire de l'écliptique. Il démontre aussi (t. I, p. 230) que la variation séculaire de l'excentricité de l'orbite lunaire n'est pas proportionnelle à celle de la distance moyenne, ainsi que *Laplace* l'avait cru, mais qu'elle surpasse notablement cette dernière.

Parmi les travaux publiés dans les temps plus récents, il faut citer :

1517. **Lubbock, J. W.** On the theory of the Moon, and on the perturbations of the planets; 8°, London, 1850.

En 9 parties, imprimées successivement depuis 1834, reproduites pour la plupart de diverses collections scientifiques.

1518. **Cayley, A.** Note on the development of the disturbing function in the lunar theory. **London, MAS, XXVII, 1859, 69.**

1519. **Delaunay, C.** Théorie du mouvement de la Lune; 2 vol. 4°, Paris, 1860-1867.

1520. **Pontécoulant, G. de.** Sur les modifications que doit subir relativement à la Lune, le théorême général de l'invariabilité des grands axes et de la permanence des moyens mouvements planétaires. **Paris, Crh, LVI, 1863, 639, 720.**

1521. **Hansen, P. A.** Darlegung der theoretischen Berechnung der in den Mondtafeln angewandten Störungen. **Leipzig, Abh, VI, 1863, 93; VII, 1864, 1.**

Ce travail a été tiré à part, en 2 volumes 4°.

1522. **Weiler, J. A.** Ueber das Problem der drei Körper im Allgemeinen, und insbesondere in seiner Anwendung auf die Theorie des Mondes. **Leipzig, Pub, III, 1866.**

1523. **Tisserand, F.** Exposition, d'après les principes de Jacobi, de la méthode de M. Delaunay dans sa théorie du mouvement de la Lune autour de la Terre. **JdM_2, XIII, 1868, 255.**

Ici doit se placer le travail de *Weiler*, mentionné plus haut sous le n° 1444.

1524. **Airy, G. B** First part of numerical lunar theory. **Greenwich, Obs, 1875.**

1525. **Stockwell, J. N.** Theory of the Moon's motion; 4°, Philadelphia, 1875. — 2e édit., 1877; 3e edit., 1881.

L'auteur forme les équations différentielles générales du mouvement de la Lune, discute la théorie de son mouvement elliptique, et calcule la variation des constantes arbitraires. Il pense que les équations qu'il présente sont susceptibles de donner les coordonnées de la Lune, plus directement et plus simplement qu'aucune combinaison

employée jusqu'ici des équations différentielles générales. Comme résultat pratique, il croit avoir découvert deux équations du 3e ordre à courte période, ainsi que plusieurs termes à longue période, dépendant de l'action du Soleil et de l'obliquité de l'axe terrestre, qui avaient échappé à ses devanciers.

L'accélération séculaire de la Lune sera envisagée au point de vue astronomique au Chapitre XIII. La cause de cette accélération avait d'abord échappé aux géomètres. L'Académie des sciences de Paris ayant proposé cette question, *Lagrange* ne put y répondre qu'en établissant que l'accélération de la Lune n'est pas produite par l'influence de la figure de la Terre sur le mouvement de notre satellite :

1526. **Lagrange, J. L. de.** Prix d'Astronomie physique sur l'équation séculaire de la Lune, [1774]. **Paris, Mpr$_1$, VII, 1776, 1.** — Répété : **Paris, Rec, IX, 1777, 1**; reproduit : **Lagrange, OEu, VI, 1873, 335.**

Laplace fut plus heureux, et montra, quelques années plus tard, que la cause de cette accélération réside dans la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre :

1527. **Laplace, P. S. de.** Observation sur l'équation séculaire de la Lune. **Paris, H & M, 1786, 235.** — Reproduit : **CdT, 1790, 291.**

La question en resta à ce point pendant plus d'un demi-siècle, jusqu'au moment où l'on crut remarquer que les valeurs fournies par la théorie, pour l'accélération du moyen mouvement, étaient plus faibles que celles déduites de l'observation. Alors s'éleva une controverse fort intéressante, sur le point de savoir si les déterminations numériques opérées dans la théorie de la Lune, avaient l'approximation suffisante pour prononcer sur le désaccord des deux quantités. Voici les pièces principales de cette controverse :

1528. **Adams, J. C.** On the secular variation of the Moon's mean motion. **London, PTr, 1853, 397.**

1529. **Plana, J.** Mémoire sur l'équation séculaire du moyen mouvement de la Lune. **Turin, Mem$_2$, XVIII, 1859, 1.**

1530. **Delaunay, C.** Sur l'accélération séculaire du moyen mouvement de la Lune. **Paris, Crh, XLVIII, 1859, 137, 817.**

1531. **Main, R.** On the present state of the controversy respecting the amount of the acceleration of the Moon's mean motion. **London, MNt, XIX, 1859, 268; XX, 1860, 221.**

1532. **Hansen, P. A.** Quelques remarques sur la variation séculaire de la longitude moyenne de la Lune. **Paris, Crh, L, 1860, 455.** — En allemand dans **Leipzig, Ber, XV, 1863, 1.**

1533. **Pontécoulant, G. de.** Sur la détermination du coefficient de l'équation séculaire de la Lune. **Paris, Crh, LI, 1860, 134.**

1534. **Allégret.** Sur l'accélération du moyen mouvement de la Lune. **Paris, Crh, LX, 1865, 1092.**

Delaunay adopta l'idée que le retard de la marée sur le passage de la Lune au méridien, en produisant un couple résistant, ralentit la rotation de la Terre :

1535. **Delaunay, C.** Sur l'existence d'une cause nouvelle ayant une influence sensible sur la valeur de l'équation séculaire de la Lune. **Paris, Crh, LXI, 1865, 1023.** — Reproduit : **JdM_2, X, 1865, 481.** — Comparez ses articles additionnels : **Paris, Crh, LXII, 1866, 165, 197, 575.**

Voyez ensuite :

1536. **Allégret.** Note sur la réaction des eaux de la mer sur le mouvement de la Lune. **Paris, Crh, LXII, 1866, 1284.**

1537. **Puiseux, V.** Sur l'accélération séculaire du mouvement de la Lune. **JdM_2, XV, 1870, 9.**

Cet analyste a montré que la variation séculaire de l'inclinaison de l'orbite terrestre est sans effet sur l'accélération de la Lune, au moins dans la durée des temps historiques :

1538. **Puiseux, V.** Sur l'accélération séculaire du mouvement de la Lune. **Paris, Mpr_3, XXI, 1875, 263.**

Enfin, comme dernières pièces à consulter, nous citerons :

1539. **Newcomb, S.** On the mean motion of the Moon. **AJS_3, XIV, 1877, 401.**

1540. **Airy, G. B.** On the theoretical value of the acceleration of the Moon's mean motion in longitude, produced by the change of excentricity of the Earth's orbit. **London, MNt, XL, 1880, 368, 385.** + Addition, 578.

1541. **Adams, J. C.** Investigation of the secular acceleration of the Moon's mean motion caused by the secular change in the eccentricity of the Earth's orbit, taking into account terms of the order of m^4, but neglecting the eccentricity and inclination of the Moon's orbit. **London MNt, XL, 1880, 472.**

§ 116. FIGURE DES PLANÈTES.

C'est *Newton* qui a ouvert la voie pour le calcul de la figure des planètes. Il a exprimé l'aplatissement de la Terre, dans le cas de l'homogénéité (**Newtonus, PPm, 1687, lib. III, prop. 19**). Il ne considérait toutefois, dans son raisonnement, que deux canaux, l'un dirigé au pôle et l'autre à l'équateur. *Huygens,* ne tenant pas compte de l'attraction de molécule à molécule, mais supposant, en chaque point de la masse fluide, une attraction vers le centre de gravité de cette masse, en raison inverse du carré de la distance, trouva pour la figure du corps une surface du quatrième ordre, qui se réduit sensiblement à un ellipsoïde quand la force centrifuge est petite vis-à-vis de la pesanteur. Voyez :

1542. **Hugenius, C.** Discours de la cause de la pesanteur, 4°, Lugduni Batavorum, 1690; append. — En latin dans ses Opera reliqua, 2 vol. 4°, Amstelodami; vol. I, 1728, p. 115.

Clairaut prouva, un peu plus tard, que la figure elliptique satisfait à l'équilibre d'une masse fluide homogène, peu différente d'une sphère, et tournant sur un axe :

1543. **Clairaut, A. C.** Investigationes aliquot, ex quibus probetur, Terrae figuram secundum leges attractionis in ratione inversa quadrati distantiarum maxime ad ellipsin accedere debere. **London, PTr, 1737, 19.**

L'année suivante, dans la même collection, *Clairaut* publia le théorème qui porte aujourd'hui son nom, et d'après lequel, dans tout ellipsoïde, la somme des fractions qui expriment l'ellipticité et l'accroissement de la gravité au pôle, est $2\frac{1}{2}$ fois la fraction qui exprime la force centrifuge à l'équateur :

1544. **Clairaut, A. C.** An inquiry concerning the figure of such planets as revolve about an axis supposing the density continually to vary from the centre towards the surface, translated from the french by *J. Colson.* **London, PTr, 1738, 277.**

Le théorème de *Clairaut* est reproduit à la page xxix de sa Théorie de la figure de la Terre, mentionnée plus loin sous le n° 1546.

Toutefois ce fut *Maclaurin* qui, le premier, établit, par une théorie générale, que la figure d'équilibre d'une masse fluide en rotation est un ellipsoïde :

1545. Maclaurin, C. De causa physica fluxus et refluxus maris. Paris, Rec, IV, 1741, n° 8.

Voir p. 193.

Clairaut, en reprenant la question, lui fit faire un nouveau progrès. Il publia, en 1743, l'ouvrage intitulé :

1546. Clairaut, A. C. La théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'hydrostatique; 8°, Paris, 1743. — Réimpr. 8°, Paris, 1808.

Dans cet ouvrage, *Clairaut* donne les équations générales, jusqu'alors inconnues, de l'équilibre des fluides, tant homogènes qu'hétérogènes; il considère les couches de niveau, et démontre qu'elles sont elliptiques; il traite enfin le cas où la Terre serait formée d'un noyau elliptique, recouvert d'un ou de plusieurs fluides.

Laplace résuma ensuite cette théorie :

1547. Laplace, P. S. de. Mémoire sur l'inclinaison moyenne des orbites des comètes, sur la figure de la Terre et sur les fonctions [1773]. Paris, Mpr_1, VII, 1776, 503.

La partie de ce travail relative à la figure de la Terre commence à la page 524.

Legendre eut alors l'idée de traiter un cas fort intéressant, celui dans lequel la masse fluide augmente régulièrement en densité de la surface au centre, suivant une loi donnée de compressibilité :

1548. Legendre, A. M. Recherches sur la figure des planètes [2e mémoire]. Paris, H & M, 1789, 372.

Il établit, dans cette hypothèse, la loi des densités et celle des aplatissements, pour toutes les couches concentriques.

Pour se rapprocher à d'autres égards du cas du globe terrestre, *Laplace* appliqua sa méthode à l'hypothèse d'un noyau irrégulier recouvert d'un fluide :

1549. Laplace, P. S. de. Mémoire sur la figure de la Terre. Paris, Mem_2, II, 1817, 137; III, 1818, 489. — Reproduit : CdT, 1822, 284.

En 1826, *Airy* étendit le théorème de *Clairaut* à toutes les puissances de l'ellipticité :

1550. Airy, G. B. On the figure of the Earth. London, PTr, 1826, 548.

Il trouva le moyen de simplifier la solution de *Laplace*, en partant de l'hypothèse que la masse prend une forme symétrique autour de l'axe de rotation :

1551. Airy, G. B. On the figure assumed by a fluid homogeneous mass, whose particles are acted on by their mutual attraction and by small extraneous forces. **Cambridge, Tra, II, 1827, 203.**

L'ellipsoïde n'a pas besoin cependant d'être de révolution. *Jacobi* a fait voir qu'on peut avoir, dans les conditions d'équilibre, une ellipse pour l'équateur, l'axe de rotation restant toujours le plus petit des trois axes de l'ellipsoïde :

1552. Jacobi, C. G. J. Ueber die Figur des Gleichgewichts. **APC_1, XXXIII, 1834, 229.**

En 1842, *Plateau* produisit la fameuse expérience dans laquelle il soumet à un mouvement de rotation une goutte liquide, plongée dans un liquide d'une densité égale à la sienne :

1553. Plateau, J. Sur les phénomènes que présente une masse liquide libre et soustraite à l'action de la pesanteur. **Bruxelles, Mem_2, XVI, 1843, n° 3.**

Ce que l'on peut ajouter encore de plus important, parmi les travaux récents, sur la figure des masses en rotation, consiste d'abord dans les recherches de *J. Liouville* sur les ellipsoïdes à trois axes inégaux :

1554. Liouville, J. Sur les figures ellipsoïdales à trois axes inégaux, qui peuvent convenir à l'équilibre d'une masse liquide homogène, douée d'un mouvement de rotation. **CdT, 1846, 85. — Reproduit : JdM_1, XVI, 1851, 241.**

Nous citerons ensuite :

1555. Roche, E. Mémoire sur la figure des atmosphères des corps célestes. Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires de la section des sciences, 4°, Montpellier; tom. II, 1854, p. 399.

1556. Roche, E. Nouvelles recherches sur la figure des atmosphères des corps célestes. Même collection, t. V, 1863, p. 263.

1557. Lipschitz, R. Ueber das Gesetz nach dem sich die Dichtigkeit der Schichten im Innern der Erde ändert. **JfM, LXII, 1863, 1.**

1558. Lipschitz, R. Beitrag zur Theorie des Gleichgewichts eines nicht homogenen flüssigen rotirenden Sphaeroids. **JfM, LXIII, 1864, 289.**

§ 117. ATTRACTION DES SPHÉROÏDES.

La théorie de l'attraction des corps d'après leur forme avait été entamée par *Newton* lui-même, lorsqu'il avait démontré qu'une sphère attire comme si sa masse entière était réunie en son centre (Newtonus, PPm, 1687, lib. I, prop. 75). Mais il fallait passer de la sphère à des corps d'une forme moins simple.

Il y a d'ailleurs une grande connexité entre les études sur l'attraction des sphéroïdes et celles sur la figure des planètes, cette figure étant déterminée par l'attraction mutuelle des parties dont la planète est formée. Aussi les recherches sur l'attraction des ellipsoïdes remontent-elles à celles sur la figure des masses en rotation, et particulièrement au travail de *Maclaurin*, cité plus haut sous le n° 1545. *Lagrange* établit bientôt après par l'analyse les résultats que *Maclaurin* avait démontrés par la synthèse :

1559. Lagrange, J. L. de. Sur l'attraction des sphéroïdes elliptiques. Berlin, Mem_1, 1773, 121. — Reproduit : Lagrange, OEu, III, 1869, 619.

Mais ce fut seulement *Legendre* qui détermina l'attraction d'un ellipsoïde sur un point placé au dehors; ses formules ne s'appliquaient même qu'aux ellipsoïdes de révolution :

1560. Legendre, A. M. Recherches sur l'attraction des sphéroïdes homogènes. Paris, Mpr_1, X, 1785, 411.

L'extension de cette théorie aux ellipsoïdes qui ne sont pas de révolution est due à *Laplace,* qui l'a publiée dans l'ouvrage dont voici le titre :

1561. Laplace, P. S. de. Théorie du mouvement elliptique et de la figure des planètes; 4°, Paris, 1784.

Ce volume, de 153 pages, est fort rare. On en a donné une traduction allemande :

Theorie der elliptischen Bewegung und der Figur der Planeten (par *J. J. A. Ide*); 4°, Berlin, 1800.

On peut voir, du reste, tous les détails de la théorie générale, dans le mémoire :

1562. Laplace, P. S. de. Théorie des attractions des sphéroïdes et de la figure des planètes. Paris, H & M, 1782, 113. — Comparez Laplace, TMc; tom. II, 1799, liv. III, ch. 1 et 2.

Ivory est parvenu plus tard aux résultats de *Laplace,* sans recourir aux séries, par une simple transformation de coordonnées :

1563 Ivory, J. On the attractions of homogeneous ellipsoids. **London, PTr, 1809, 345.**

Il déduit l'attraction sur un point extérieur, de celle sur un point intérieur.

Les mémoires de

1564. Plana, J. Memoria sulla teoria dell' attrazione degli sferoidi elittici,

dans les Memorie di matematica e di fisica della Società italiana delle scienze residente in Modena, 4°, Modena; t. XV, 1811, p. 370. — En français dans les Annales de mathématiques pures et appliquées, publiées par *J. D. Gergonne,* 4°, Nîmes et Paris; t. III, 1813, p. 273;

et de

1565. Gauss, C. F. Theoria attractionis corporum sphaeroidicorum ellipticorum homogenorum methodo nova tractata. **Gotinga, Ces_3, II, 1813. — Reproduit : MCz, XXVIII, 1813, 37, 125; et Gauss, Wrk, V, 1867, 1;**

ces mémoires, disons-nous, ne contiennent que des théorèmes fondés sur la même espèce d'intégration.

Laplace, qui cherchait sans cesse à rapprocher les conditions du problème de celles qui existent sur le globe terrestre, montra que la gravité sur terre, réduite au niveau de la mer par la seule considération de la distance au centre du globe, suit la même loi que sur mer :

1566. Laplace, P. S. de. Sur la loi de la pesanteur, en supposant le sphéroïde terrestre homogène et de même densité que la mer. **CdT, 1821, 284, 353.**

Il devait toutefois supposer le noyau solide homogène.

Chasles ayant abordé, par la géométrie, le problème de l'attraction des ellipsoïdes, réussit à démontrer de cette manière les principaux théorèmes auxquels on était arrivé par l'analyse :

Chasles, M. Mémoire sur l'attraction des ellipsoïdes. **Paris, Mpr_3, IX, 1846, 629.**

Il peut être intéressant de consulter une application des méthodes de *Jacobi* à l'attraction des ellipsoïdes. On peut voir à cet effet :

1567. **Cayley, A.** On the attraction of ellipsoids.

Dans The Cambridge and Dublin mathematical journal, 8°, Cambridge; vol. V, 1850, p. 217.

Un bel essai d'établir des théorèmes généraux relatifs à l'attraction de corps de forme quelconque a été fait, dans ces derniers temps, par

1568. **Lagrange, C.** De l'influence de la forme des corps sur leur attraction. **Bruxelles, Bul_2, XLIV, 1877, 23.**

L'auteur a même étendu ses considérations au cas où la loi d'attraction est quelconque, pourvu que cette attraction diminue indéfiniment quand la distance augmente :

1569. **Lagrange, C.** Recherches sur l'influence de la forme des masses dans le cas d'une loi quelconque d'attraction diminuant indéfiniment quand la distance augmente. **Bruxelles, Mcr, XLIII, 1880, n° 1.**

On pourra prendre une idée générale de la théorie de l'attraction des ellipsoïdes, et de la figure d'équilibre des corps célestes, dans l'ouvrage :

1570. **Pratt, J. H.** A treatise on attractions, Laplace's functions, and the figure of the Earth; 8°, London, 1860. — 2e édit., 8°, Calcutta, 1861 ; 3e édit., avec Appendix, 8°, Cambridge & London, 1865.

Voyez aussi :

Laplace, TMc, V, 1825, liv. XI.

§ 118. ROTATION DES PLANÈTES.

Jamais on n'avait songé à mettre en doute l'uniformité du mouvement de rotation de la Terre, avant qu'une étude approfondie des lois du mouvement eût enseigné à considérer en détail les forces diverses qui agissent sur les corps. Un premier examen des inégalités de la rotation de la Terre et de la Lune fut fait par

1571. **Frisi[us], P.** De inaequalitatibus motus Terrae et Lunae circa axem ex astronomorum hypothesibus. **Bononia, Cii, V, II, 1767, 11.**

Mais on devait désirer des conclusions pratiques. *Léonard Euler,* auquel il faut si souvent remonter lorsqu'on cherche le point de départ des travaux de mécanique

céleste, est le premier qui ait examiné, au point de vue de leur importance réelle, les inégalités du mouvement de rotation de notre globe. Il les a déclarées insensibles :

1572. **Euler, L.** Investigatio accuratior phaenomenorum, quae in motu Terrae diurno a viribus coelestibus produci possunt. **Petropolis, NCi, XIII, 1769, 202.**

Ce résultat fut confirmé par

1573. **Hennert, J. F & Frisi[us], P** De uniformitate motus diurni Terrae. **Petropolis, NAc, I, 1786, 132.**

La théorie fut ensuite développée d'une manière générale par

1574. **Laplace, P. S. de.** Mémoire sur les mouvements des corps célestes autour de leurs centres de gravité. **Paris, Mem$_1$, I, 1798, 301.**

Poisson considéra le mouvement de l'axe de rotation dans l'intérieur de la Terre :

1575 **Poisson, S. D.** Mémoire sur le mouvement de rotation de la Terre. **Paris, JEP, VIII, 1809, 198** (cah. xv).

Il avait donné, presque en même temps, des formules d'une similitude remarquable, pour les perturbations du mouvement de rotation d'une planète et celles de son mouvement de révolution :

1576. **Poisson, S. D.** Mémoire sur la variation des constantes arbitraires dans les questions de mécanique. **Paris, JEP, VIII, 1809, 266 (cah xv).**

Comparez *Jacobi, C. G. J.,* Mathematische Werke, 4°, Berlin: t. III, 1871, p. 279.

La question de la rotation du pôle instantané de la Terre autour du pôle principal a une importance considérable au point de vue de la variabilité des latitudes. *Bessel* l'a considérée deux fois, en 1814 puis en 1817, dans ses lettres à *Olbers* (*Olbers, W. & Bessel, F. W.*, Briefwechsel, herausgegeben von *A. Erman,* 2 vol. 8°, Leipzig, 1852; t. I, p. 392; t. II, p. 62).

L'influence que la mer produit sur le mouvement de la Terre autour de son centre a été considérée par

1577. **Laplace, P. S. de.** Sur la rotation de la Terre. **CdT, 1821, 242.**

Dans le mémoire de

1578. **Poinsot, L.** Théorie nouvelle de la rotation des corps. **CdT, 1854, 3,**
c'est la rotation des planètes que l'auteur a particulièrement en vue.

Le déplacement de l'axe de la Terre, par l'effet du déplacement des masses intérieures, a été considéré par

1579. **Gyldén, H.** Recherches sur la rotation de la Terre.

Dans les Nova acta Societatis scientiarum upsaliensis, series tertia, 4°, Upsaliae; vol. VIII, 1873, n° 3.

Voyez encore :

1580. **Matthiessen, L.** Ueber die Gesetze der Bewegung und Abplattung im Gleichgewichte befindlicher homogener Ellipsoide und die Veränderung derselben durch Expansion und Condensation. **ZMP, XVI, 1871, 290.**

Nous donnerons au § suivant l'indication des travaux, dans lesquels le mouvement de la Terre, autour de son centre de gravité, est principalement considéré au point de vue des phénomènes de la précession, de la nutation et de la variation d'obliquité.

Fourier ayant soulevé la question du refroidissement du globe terrestre, *Laplace* examina quelle pourrait être l'influence de la contraction de ce globe sur la durée de sa rotation. Voici l'indication de ces travaux :

1581. **Fourier, J.** Mémoire sur le refroidissement séculaire du globe terrestre.

Dans les Annales de chimie et de physique rédigées par *Gay-Lussac* et *Arago*, 8°, Paris; t. XIII, 1819, p. 418.

1582. **Laplace, P. S. de.** Sur la diminution de la durée du jour par le refroidissement de la Terre. **CdT, 1823, 245, 324.** — Comparez **Laplace, TMc, V, 1825, liv. xi, ch. 4.**

Il conclut que la durée du jour n'a pas varié, en 2000 ans, par suite de la contraction due au refroidissement, de $\frac{1}{38\,700\,000}$ de sa valeur.

Flammarion a énoncé une relation entre la rotation des planètes d'une part, et leur densité moyenne ainsi que le temps de révolution d'un satellite qui circulerait à leur surface d'autre part (*Flammarion*, Études et lectures sur l'Astronomie, 8 vol. 8°, Paris; t. III, 1872, p. 70). Voici en quoi cette relation consiste. Si l'on nomme t la durée de la rotation d'une planète, T celle de la révolution d'un satellite qui serait situé à sa surface, et p le rapport de la pesanteur à la force centrifuge sous l'équateur de cette planète,

$$t = \mathrm{T}\sqrt{p}.$$

Mais *Flammarion* trouve, par la comparaison des chiffres que $\sqrt{p}$ est proportionnel à la densité moyenne des différentes planètes, ce qui permet de remplacer cette quantité, lorsqu'elle est inconnue, par une autre (la densité) que l'on connaît.

Une autre relation a été indiquée par

1583. **Föhre, C.** Zur Rotation der Planeten. **WfA, XXIII, 1880, 255.**

D'après cet auteur, les vitesses de rotation des planètes sont entre elles en raison directe des rayons des globes, et inverse des racines carrées de leurs densités.

§ 119. THÉORIE DE LA PRÉCESSION ET DE LA NUTATION.

Newton, dans son immortel ouvrage des Principes, avait été le véritable fondateur de cette théorie, en ce sens qu'il avait assigné la cause du déplacement de l'axe de la Terre, et qu'il en avait calculé une première expression (**Newtonus, PPm, lib.** III, **sect. IV**).

La question resta près de trois quarts de siècle au point où ce grand géomètre l'avait laissée. *Clairaut* s'était bien occupé du déplacement de l'axe de la Terre :

1584. **Clairaut, A. C.** Sur la manière la plus simple d'examiner si les étoiles fixes ont une parallaxe, et de la déterminer exactement; **Paris, H & M, 1739, 358.**

Mais ce fut *d'Alembert* qui donna une véritable solution du problème, en déterminant la position de l'axe instantané de rotation, ainsi que la vitesse de la rotation. Voici le titre de l'ouvrage qui renferme cet important et célèbre travail :

1585. **Alembert, J. L. d'.** Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la Terre dans le système newtonien; 4°, Paris, 1749 — 2e éd., 4°, Paris, 1759.

Traduction.

Untersuchungen über die Präcession der Nachtgleichen und über die Nutation der Erdaxe nach Newton's Systeme, übersetzt von *G. K. Seuffert;* 8°, Nürnberg, 1857.

Enfin pour rendre générale sa solution du problème de la précession, *d'Alembert* l'a étendue au cas où l'équateur et les parallèles terrestres seraient elliptiques :

1586. **Alembert, J. L. d'.** Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la Terre, dans l'hypothèse de la dissimilitude des méridiens. **Paris, H & M, 1754, 413.**

A peine *d'Alembert* venait-il de donner les équations différentielles et la solution du problème de la précession, que Léonard *Euler* aborda et traita de son côté le même problème. Après le travail de *d'Alembert*, celui d'*Euler* est seulement remarquable par les équations générales du mouvement d'un corps solide, animé par des forces quelconques. En voici le titre :

1587. Euler, L. Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la Terre. Berlin, H & M, 1749, 289.

Ce mémoire a eu une suite, dans le volume de 1750, p. 412. Dans ce volume, *Euler* reconnaît qu'en rédigeant ces deux écrits, il avait eu connaissance des Recherches de *d'Alembert* sur la précession des équinoxes, qui ont paru en 1749.

La question fut ensuite exposée d'une manière plus systématique, et complétée dans ses détails par

1588. Laplace, P. S. de. Mémoire sur la précession des équinoxes. Paris, H & M, 1777, 329.

Poisson a traité le problème de la précession des équinoxes par la méthode pure de la variation des constantes :

1589. Poisson, S. D. Sur le problème de la précession de équinoxes. CdT, 1821, 259.

Pour ce qui touche à l'établissement des formules pratiques de la précession et de la nutation, on verra les travaux indiqués au § 89, chap. III, et notamment, aux nos 1176 et 1179, ceux de *Poisson* et de *Serret*. Nous citerons de plus ici, comme recherches théoriques récentes :

1590. Jullien. Mémoire sur le mouvement de la Terre autour de son centre de gravité. ANn, XLIII, 1856, 337.

Pour l'histoire de la théorie de la précession, on consultera :

1591. Laplace, P. S. de. De la précession des équinoxes; notice historique des travaux des géomètres et des astronomes sur cet objet; formules générales du mouvement de l'équateur terrestre.

Dans Laplace, MTc, V, 1825 ; liv. XIV, ch. 1.

Les applications à l'Astronomie pratique ont été considérées au chap. III, § 89.

La variation de l'obliquité de l'écliptique est une des conséquences particulières du grand phénomène de la précession. Aussi trouve-t-on cette variation indiquée théoriquement dans les premières recherches de *d'Alembert*. Seulement lorsqu'il s'agit d'exprimer explicitement l'effet produit, *d'Alembert* hésite à décider si la variation est, à l'époque actuelle, une diminution, et même si la variation atteint une valeur appréciable (*Alembert, J. L. d'*, Recherches sur la précession des équinoxes, 4°, Paris, 1749; p. 175).

Dans son second travail, en considérant l'ordre de grandeur des termes qui pourraient produire une variation continue de l'obliquité de l'écliptique, il arrive au chiffre de 1′ en 240 ans, ou 25″ par siècle, qui n'est guère que la moitié du nombre observé (*Alembert, J. L. d'*, Recherches sur différents points importants du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. II, 1754, p. 220, liv. III, ch. j, art. 7).

Ces hésitations dans l'application n'ôtent rien au mérite des recherches théoriques de *d'Alembert*, déjà appréciées plus haut. Léonard *Euler*, en traitant la même année la question de la précession, n'avait pas non plus formulé une conclusion numérique. Son travail a également été cité plus haut: c'est le mémoire de 1749 dans la collection de Berlin. Mais quelques années plus tard, en reprenant d'une manière plus spéciale la question de la variation d'obliquité, il crut pouvoir aborder la mise en nombres de l'action des planètes, et donna pour la première fois un chiffre déduit de la théorie, qui s'est trouvé bien peu différent de celui qu'on adopte aujourd'hui. Nous l'avons cité en son lieu, chap. III, § 85. Voici le titre de ce mémoire d'*Euler* :

1592. **Euler, L.** De la variation de la latitude des étoiles fixes et de l'obliquité de l'écliptique. **Berlin, H & M, 1754, 296.**

Après ces grands travaux, il suffira d'indiquer, en dehors des traités généraux, le dernier travail de *Laplace* sur les limites de la variation d'obliquité, en tenant compte à la fois du déplacement de l'écliptique et de celui de l'équateur terrestre :

1593. **Laplace, P. S. de** Sur les variations de l'obliquité de l'écliptique et de la précession des équinoxes. **CdT, 1827, 234.**

Voyez au reste l'article final de notre § 85, chap. III.

§ 120. THÉORIE DE LA LIBRATION.

Déjà dans le livre des Principes, *Newton* indiqua la cause physique de la libration, dans l'allongement de l'axe de la Lune dirigé à la Terre (**Newtonus, PPm, lib.** III, **prop. 17 et 38**). Mais il croyait le globe lunaire un ellipsoïde de révolution, tandis qu'il est à trois axes inégaux.

D'Alembert appliqua ses formules de la précession à la libration de la Lune; malheureusement il ne fit pas attention à l'égalité qui existe entre le mouvement de rotation et celui de révolution. (*D'Alembert,* Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris;

tom. II, 1761, Sur la libration de la Lune). La première solution exacte du problème fut celle que *Lagrange* donna, en réponse à une question proposée par l'Académie des sciences de Paris :

1594. **Lagrange, J. L. de.** Recherches sur la libration de la Lune [1764]. Paris, Rec, IX, 1777, n° 1. — Reproduit : Lagrange, OEu, VI, 1873, 5.

Plus tard *Lagrange* développa son travail, dans une très-belle analyse, expliquant la coïncidence des nœuds moyens de l'équateur et de l'orbite lunaire, et déterminant la loi du mouvement du nœud vrai de l'équateur de la Lune autour de son nœud moyen :

1595. **Lagrange, J. L. de.** Théorie de la libration de la Lune et des autres phénomènes qui dépendent de la figure non sphérique de cette planète. Berlin, Mem_1, 1780, 203. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 5.

Dans sa Mécanique céleste, *Laplace* détermina l'influence des grandes inégalités séculaires du mouvement de la Lune, sur les phénomènes de sa libration :

Laplace, TMc, II, 1799, liv. v, ch. 2.

Poisson calcula ensuite les inégalités du nœud et de l'inclinaison de l'équateur lunaire :

1596. **Poisson, S. D.** Sur la libration de la Lune. CdT, 1821, 219; 1822, 280.

Nous indiquerons encore :

1597. **Lespiault, G.** Théorie géométrique de la libration réelle de la Lune; 4°, Paris, 1857.

L'auteur a donné une idée de ce travail dans Paris, Crh, XLIV, 1857, 613.

Enfin, il faut mentionner :

1598. **Simon, C.** Mémoire sur la rotation de la Lune et sur la libration réelle en longitude. Paris, AEn_2, III, 1866, 253; VI, 1869, 69.

L'historique des recherches sur la Libration a été fait par

1599. **Laplace, P. S. de.** De la libration de la Lune, notice historique des travaux des astronomes et des géomètres sur cet objet. Laplace, TMc, V, 1825; liv. xiv, ch. 2.

§ 121. THÉORIE DES MARÉES.

Mille ans avant notre ère, les Chinois avaient remarqué l'influence de la Lune sur les marées (*Klaproth,* Lettre... sur l'invention de la boussole, 8°, Paris, 1834; p. 128). Cette influence était, en effet, facile à reconnaître, par la coïncidence des grandes marées avec les syzygies. Aussi la trouve-t-on signalée dans toute la durée de la période historique. On peut mentionner, à des intervalles plus ou moins éloignés, *Pythéas,* au — IV[e] siècle (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 97; *Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 17); *Seleucus* au — III[e] (*Plutarchus,* l. c.); *Posidonius* qui, vers l'an — 70, avait étudié le flux et le reflux à Ilipa et à Gadès (*Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VII, cap. 128; *Strabo,* Res geographicae [G], lib. III, p. 173, éd. Casanbon).

César, en parlant de son embarquement sur la côte de Boulogne, dit que le flux était plus fort en ce moment, parce que c'était pleine Lune (*Julius Caesar,* Commentarii de bello gallico [L], lib. IV).

On avait même remarqué que les équinoxes ramenaient des marées de syzygies plus hautes que toutes les autres. *Senèque* (Quaestiones naturales [L], lib. III, cap. 28, et Quare bonis viris mala accidant [L], cap. 1) le dit expressément; et *Pline* (Historia naturalis [L], lib. II, cap. 97) conclut à une influence sur les marées, non-seulement de la Lune, mais aussi du Soleil.

Dans les temps modernes, *Kepler* émit nettement l'idée que les eaux de la mer étaient soulevées par une force, ayant son siége dans le globe lunaire, et qu'il nomme « vis tractoria Lunae » (*Keplerus,* Astronomia nova seu de motibus stellae Martis, fol., Pragae, 1609; introd., p. 5; et Epitome Astronomiae copernicanae [1622], 8°, Francofurti, 1635, p. 555. — Reproduit : **Keplerus, Opa, III, 1860, 151 et VI, 1866, 562**). En même temps *Porta* entreprenait à Venise les premières observations régulières qui aient été faites sur les marées (*Porta, J. B.,* De aeris transmutationibus, 4°, Neapoli, 1609; p. 148).

Les observations locales des mouvements de la mer appartiennent à la physique du globe, et nous n'en parlerons pas ici en détail. Il suffira de signaler les résumés composés par *Whewell,* dans une série de recherches :

1600. **Whewell, W.** Researches on the tides. **London, PTr, 1833, 147; 1834, 15; 1835, 83; 1836, 1, 131, 289; 1837, 75, 227; 1838, 231; 1839, 151, 163** [continué **1840, 161**]; **1840, 255; 1848, 1; 1850, 227.**

Avec une « Chart of the world between the latitudes of 60° N and 55° S, » représentant la marche du flot de marée. Les trois premiers mémoires ne portent pas le titre général, mais seulement des titres particuliers. Le premier de tous, celui de 1833, est intitulé : Essay towards a first approximation of a map of co-tidal lines.

L'origine des marées a été établie par *Newton* sur des bases mathématiques (Newtonus, PPm, 1867, lib. I, prop. 66; lib. III, prop. 36, 37). Mais la théorie de ce phénomène ne fut vraiment fondée que dans le travail de

1601. **Bernoulli, D_1.** Traité sur le flux et le reflux de la mer. **Paris, Rec, IV, 1741, 53.**

Dans un mémoire couronné en même temps, *Maclaurin* démontre d'une manière ingénieuse la figure elliptique de l'intumescence :

1602. **Maclaurin, C.** De causa physica fluxus et refluxus maris. **Paris, Rec, IV, 1741, 193.**

Le calcul des marées devait faire un progrès nouveau, grâce à l'introduction de la théorie des oscillations des fluides. *Euler* avait tenté le premier pas dans cette direction, dans une pièce couronnée en même temps que celles de *Maclaurin* et de *Bernoulli* :

1603. **Euler, L.** Inquisitio physica in causam fluxus ac refluxus maris. **Paris, Rec, IV, 1741, 235.**

D'Alembert le suivit dans son ouvrage couronné par l'Académie de Berlin :

1604. **Alembert, J. L. d'.** Réflexions sur la cause générale des vents; 4°, Berlin, 1747.

Mais ce fut *Laplace* qui, dans un mémoire de 1775, résolut généralement le problème des oscillations d'un fluide qui recouvrirait la Terre, supposée sphérique et sans rotation, en considérant un astre attirant, en mouvement autour de cette planète :

1605. **Laplace, P. S. de.** Recherches sur plusieurs points du système du monde. **Paris, H & M, 1775, 75.**

Ce que l'on connaissait à cette époque a été résumé par

1606. **Lalande, J. J. de.** Traité du flux et du reflux de la mer, d'après les théories et les observations; 4°, Paris, 1781.

Ce grand traité est un tiré-à-part d'une portion du tome IV de la 2e édition de l'Astronomie de *Lalande*.

Les progrès qui suivirent furent plutôt le résultat de l'introduction de données numériques plus exactes ou plus complètes, que celui d'un perfectionnement de la théorie. L'état de la science fut de nouveau résumé, en 1825, par *Laplace*, dans :

1607. **Laplace, TMc, V, 1825,** liv. XIII, des oscillations des fluides qui recouvrent les planètes.

On peut voir encore :

1608. **Delaunay, C.** Mémoire sur la théorie des marées. **JdM_1, IX, 1844, 29.**

1609. **Resal, H.** Du mouvement d'un corps solide relié à un système matériel animé d'un mouvement relatif par rapport à ce corps. **Paris. AEn_2, I, 1872, 115.**

Il y a dans ce mémoire une application aux oscillations de la mer et de l'atmosphère.

Un des meilleurs résumés élémentaires sur les marées est l'article :

1610. **[Bessel, F. W.]** Ueber Fluth und Ebbe.

Dans le Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher,* 8°, Stuttgart & Tübingen ; année 1838, p. 182. — Reproduit dans *Bessel, F. W.,* Populäre Vorlesungen, 8°, Hamburg, 1848 ; p. 158.

Il y a également un exposé élémentaire par

Junge, C. A. Ueber Ebbe und Fluth. **Unt, III, 1849, 178, 193, 204.**

Quant à l'histoire de la théorie des marées on la trouve dans

1611. **Laplace, P. S. de.** Notice historique des travaux des géomètres ... sur le flux et le reflux de la mer.

Formant le chap. 1 du liv. XIII de **Laplace, TMc, V, 1825.**

§ 122. MARÉES ATMOSPHÉRIQUES.

La question des mouvements de l'atmosphère, causés par l'attraction d'un astre extérieur, est envisagée théoriquement par *d'Alembert,* dans l'ouvrage cité sous le n° 1604, au § précédent. On pourra voir à ce sujet :

1612. **Laplace, P. S. de** Du flux et reflux de l'atmosphère, formant le chap. 7 du liv. XIII de **Laplace, TMc, V, 1825.**

1613. **Laplace, P. S. de.** Sur le flux et le reflux lunaire atmosphérique. **CdT, 1830, 3.**

1614. **Challis, J.** On the mathematical theory of atmospheric tides. **PMg_4, XLIII, 1872, 24.**

§ 123. PERTURBATIONS DE LA GRAVITÉ ET DU PENDULE.

On placera ici, par une connexion naturelle, les effets de l'attraction d'astres extérieurs, particulièrement de la Lune, sur la gravité et sur le pendule. Il existe sur cette question un mémoire magistral :

1615. Abel, N. H. Om Maanens indflydelse paa pendelens bevaegelse.

Dans le Magazin for naturvidenskaberne, 8°, Christiania (1[re] série); t. III, 1824, p. 219.

L'auteur trouve que l'influence de la Lune sur la vitesse du pendule n'est pas $\frac{1}{2\,000\,000}$ de sa valeur; mais [avec une masse de notre satellite $\frac{1}{68,5}$] il calcule que le fil-à-plomb décrit une ellipse, dont les axes sont respectivement 1'',928, perpendiculairement au méridien, et 1'',928 × sin. latitude, dans le méridien même.

Voyez encore :

1616. Sang, E. On the deflection of the plummet due to solar and lunar attraction. **Edinburgh, Tra, XXIII, 1864, 89.**

1617. Sterneck, von. Ueber den Einfluss des Mondes auf die Richtung und Grösse der Schwerkraft auf der Erde. **Wien, Stz, LXXIII, 1876, 555.**

Enfin l'influence de l'attraction des corps célestes sur les oscillations du pendule a été traitée par

1618. Ramus, C. Om uligheder i pendulsvingningerne formedelst et himmellegems tiltraekning.

Dans Oversigt over det Danske videnskabernes Selskabs forhandlinger, 8°, Kjobenhavn; année 1847, p. 9.

§ 124. LA MARÉE ET LA ROTATION DU GLOBE.

Il nous paraît que c'est à un travail de *Walmesley,* qui date de plus d'un siècle, qu'il faut faire remonter la première considération de la marée, envisagée comme un frein appliqué au mouvement diurne du globe. Voici le titre de ce mémoire :

1619. Walmesley, C. On the effect of the tides upon the Earth's rotation. **London, PTr, 1758, 809.**

La question, après avoir sommeillé longtemps, a été reprise, dans les temps plus récents, par *Ferrel :*

1620. **Ferrel, W.** On the effect of the Sun and Moon upon the rotatory motion of the Earth. AJl, III, 1854, 138.

Mais persuadé de la constance de la rotation du globe, l'auteur se demande pourquoi le retard produit par l'action de la marée n'a pas été apparent; et il croit en trouver la cause dans l'accélération de la vitesse de rotation, due à la contraction de la Terre par le refroidissement.

Celui qui souleva véritablement la question, sous la forme où on la discute aujourd'hui, fut

1621. **Croll, J.** On the influence of the tidal wave on the Earth's rotation, and on the acceleration of the Moon's mean motion. PMg_4, XXVII, 1864, 285.

Delaunay (Paris, Crh, LXI, 1865, 1025) accepta bientôt, comme vraisemblable, l'idée qu'une partie de l'accélération séculaire de la Lune n'est qu'un effet du ralentissement de la rotation de la Terre, sous l'action retardatrice de la marée; et depuis cette époque cette opinion a trouvé de nombreux appuis.

La question a été examinée par

1622. **Thomson, W.** On the observations and calculations required to find the tidal retardation of the Earth's rotation. PMg_4, XXXI, 1866, 533.

Et par

1623. **Moldenhauer, C. F. T.** Die Axendrehung der Weltkörper, Beitrag zur Lösung einer wissenschaftlichen Frage; 8°, Berlin, 1872.

Enfin elle a été traitée magistralement par

1624. **Darwin, G. H.** The determination of the secular effects of tidal friction. London, Pro, XXIX, 1880, 168. — Reproduit : ANn, XCVI, 1880, 217.

Ceux que la controverse intéresse pourront voir aussi :

1625. **Molison, A. R.** Against the theory of the retarding influence of tidal action on the axial motion of the Earth, and showing the true force of tidal energy; 8°, sans lieu ni date.

Partant de la supposition que l'excès du coefficient de l'accélération observée de la Lune sur celui de l'accélération calculée, telle que l'ont établie *Adams* et *Delaunay*, représente le ralentissement de la rotation de la Terre par l'action de la marée, *Sjellerup* a cherché (Oversigt over det Danske videnskabernes Selskabs forhandlinger, 8°, Kjobenhavn; année 1874, p. 64) quelle serait la correction à faire aux durées. Il a trouvé pour cette correction, en s'assujétissant à représenter aussi rigoureusement que possible les éclipses chinoises du Chun-tsin de — 708, — 600 et — 548, le terme

$$-\ 9^s{,}547t^2,$$

où t représente les siècles écoulés depuis 1800. Telle est la quantité dont le siècle présent serait, dans cette hypothèse, plus long que celui que l'on mesurerait par la vitesse de rotation de la Terre en 1800. Il y a 2400 ans, le jour aurait été plus court qu'aujourd'hui de $0^s{,}012\ 52$.

A la question de l'effet produit sur le globe par les marées, se rattache un point spécial traité dans la note dont voici le titre :

1626. **Stone, E. J.** On the possibility of a change in the position of the Earth's axis due to frictional action connected with the phenomena of the tides. **London, MNt, XXVII, 1867, 192.**

CHAPITRE VI.

PHYSIQUE ASTRONOMIQUE.

Nous comprenons, dans le présent chapitre, ce qui concerne les applications de la physique à l'Astronomie. Ces applications se rattachent pour la plupart à l'optique. Nous laisserons de côté, comme appartenant au domaine de la physique proprement dite, la théorie des phénomènes et toutes les considérations générales, pour envisager les différentes questions sous un point de vue strictement astronomique. Ainsi nous ne traiterons pas de la réfraction en général, comme phénomène optique, mais seulement de la réfraction astronomique; nous n'aborderons de même la photométrie et la spectroscopie que dans leur application directe aux différents astres. Nous laisserons aussi complétement à l'optique les conditions mathématiques de l'achromatisme des lentilles, pour nous occuper seulement, dans le chap. XXVII, de la construction pratique des réfracteurs.

§ 125. RÉFRACTION : EXISTENCE ET THÉORIE.

C'est *Archimède* qui, au — IIIe siècle, a eu la première idée de la réfraction astronomique (*Théon* d'Alexandrie, Commentaire sur la Composition mathématique de Ptolémée, traduit par *Halma,* 3 vol. 4°, Paris; t. I, 1821, p. 28). *Ptolémée* n'ignorait pas que l'inflexion des rayons lumineux dans l'atmosphère a un effet sur la position apparente des astres (**Ptolemaeus, MCo, lib. VIII, cap. 6**). Il en parle également dans le lib. V de son Optica, qui n'existe encore qu'en manuscrit. Mais *Sextus* Empiricus est plus précis. Il dit (Adversus mathematicos [G], lib. V) que par l'inflexion des rayons, les astres qui sont encore un peu au-dessous de l'horizon paraissent comme s'ils étaient au-dessus de ce plan. *Delambre* (Histoire de l'Astronomie ancienne, 2 vol. 4°, Paris; t. II, 1817, p, 549) a reproduit le texte grec de ce passage.

Vers la fin du XIe siècle, le grand astronome arabe *Alhazen,* considéra méthodiquement le phénomène de la réfraction dans l'atmosphère (*Alhazenus,* Optica, lib. VII, prop. 15; dans *Risner,* Opticae thesaurus, fol., Basileae, 1572). Au XIIIe siècle, Roger *Bacon* en décrit les effets sur la position apparente des étoiles, selon que celles-ci sont élevées ou basses sur l'horizon (Opus majus, fol., Londini, 1733; p. 79). Dans ce dernier cas, l'inflexion est notable, et c'est dans cette condition qu'il était naturel qu'on s'en occupât d'abord.

Les réfractions considérables du voisinage de l'horizon s'étaient, en effet, manifestées à *B. Walther,* en 1489 (*Regiomontanus* & *Waltherus,* Observationes trigentorum annorum Norimbergae habitae, 4°, Norimbergae, 1544; réimprimé dans *Snellius,* Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae, 4°, Lugduni Batavorum, 1618, p. 51, et part. II, p. 55). Jusque-là cependant les astronomes n'apportaient pas d'attention régulière à ce phénomène.

En 1602, Tycho *Brahé* fit faire un pas à la question pratique, en donnant une table des réfractions, qu'il croyait différentes selon qu'il s'agissait du Soleil ou des étoiles, et en appliquant pour la première fois de ce chef une correction, dans la réduction des observations (**Brahe, Opa, 1648, p. 51, 216**). Il croyait, du reste, que les réfractions sont sujettes à des variations (Ibid., p. 59).

Képler fut le premier à affirmer que la réfraction dépend seulement de la hauteur apparente de l'astre, et non de sa distance. Il fut aussi le premier qui tenta de calculer la déviation du rayon lumineux. Il partait de la supposition d'une atmosphère de densité uniforme (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 4, p. 120. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 176**).

Tycho *Brahé* avait déjà remarqué, comme on vient de le voir, que les réfractions ne sont pas toujours les mêmes. *Riccioli* rattacha ces variations à celles de la température (**Ricciolus, Alm, II, 1651, 668**). Les réfractions avaient, suivant lui, des valeurs différentes, en été, aux équinoxes et en hiver. *J. D. Cassini* vit que la déviation du rayon lumineux était plus grande en hiver qu'en été, et la nuit que le jour, et *Picard* établit positivement que ces différences suivaient celles de la température, les réfractions étant plus grandes quand il fait plus froid (**Le Monnier, His, 1741, 19**).

Halley essaya un peu plus tard d'indiquer la valeur numérique de la différence :

1627. **Halley, E.** On allowances to be made in astronomical observations for the refraction of the air, with an accurate table of refractions. **London, PTr, 1702, 169.**

J. D. Cassini, en empruntant aux observations de Tycho *Brahé* les grandes réfractions dans le voisinage de l'horizon, les faisait ensuite décroître, d'après la théorie de *Képler,* à mesure que la hauteur augmentait. Ses tables parurent d'abord dans les Ephemerides novissimae de *C. Malvasia,* fol., Mutinae, 1662.

On n'était pas alors bien certain que les réfractions allassent, bien qu'en s'affaiblissant, jusqu'au zénit même. *Richer,* par ses observations de Cayenne, en 1672, mit ce fait hors de doute (**Paris, His, I, 1733, 168**).

Newton aborda, par la considération de l'attraction, le phénomène de la constitution de l'atmosphère :

Newtonus, PPm, 1687, lib. II, prop. 22.

Il établit aussi la première règle pour les corrections dépendant de l'état du thermomètre et du baromètre.

Mais la première table auxiliaire pour appliquer les corrections fut donnée par *La Caille* (Paris, H & M, 1755, 547).

L'exactitude des calculs dépendait surtout, au point de vue pratique, de la constitution attribuée à l'atmosphère. Le travail de *Hermann,* mentionné ci-dessous, est le premier dans lequel on ait employé une logarithmique, pour représenter la loi des densités des couches d'air :

1628. **Hermann, J.** Disquisitio dioptrica de curvatura radiorum visivorum atmosphaeram trajicientium. **Lipsia, AcE, 1706, 256.**

Jacques *Cassini* supposait circulaire la trajectoire du rayon de lumière dans l'atmosphère (Paris, H & M, 1714, 33). On n'avait pas encore une idée bien nette de la nature de cette courbe.

Les équations différentielles de la réfraction furent posées vers cette époque par Brooke *Taylor* (Methodus incrementorum directa et inversa, 4°, Londini, 1715); toutefois cet analyste ne parvint pas à les intégrer. *Bouguer* vint ensuite. Sa théorie de la réfraction se trouve dans son mémoire couronné en 1729 :

1629. **Bouguer, P.** De la méthode d'observer exactement sur mer la hauteur des astres [1729]. **Paris, Rec, II, 1748, n° 4.**

Il cherche expérimentalement, par la réfraction même, les constantes qui sont liées à la décroissance des densités dans l'atmosphère. Il nomme « solaire » la courbe décrite dans l'air par le rayon lumineux.

Jacques *Bernoulli* (Opera, 2 vol. 4°, Genevae, 1744; t. II, p. 1063) regardait cette courbe comme une logarithmique, et Jean$_1$ *Bernoulli* (Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae & Genevae, 1742; t. III, p. 316) comme une parabole ou une hyperbole.

Le premier Daniel *Bernoulli,* en s'occupant de cette question (Hydrodynamica, 4°, Argentorati, 1738; p. 221) prit une constitution d'atmosphère simple, mais purement hypothétique.

Roemer avait cru qu'à de grandes élévations au-dessus de la mer, la réfraction est plus forte que dans les plaines (*Horrebow, P*$_1$, Atrium Astronomiae, 4°, Havniae, 1732; p. 6, 83). *Bouguer,* revenant sur la question lors de son voyage au Pérou, trouva le contraire ; et il fit une étude des variations qui dépendent des différentes affections de l'atmosphère :

1630. **Bouguer, P.** Sur les réfractions astronomiques dans la zone torride. **Paris, H & M, 1739, 407; 1749, 105.**

Mais la première formule à la fois commode et approchée fut celle que présenta *T. Simpson,* et qui est connue sous son nom comme « règle de *Simpson.* » (Mathematical dissertations, 4°, London, 1743). C'est d'après cette formule que *Bradley* composa, en 1755, la table qui se trouve dans **Bradley, Obs, I, 1798,** p. xxxv. *Simpson*

établit une relation simple, basée sur la considération de l'attraction, et contrôlée par des réfractions observées à diverses hauteurs.

La variation des pressions et des densités restait toujours le point épineux de cette théorie. *Euler* tint meilleur compte que ses devanciers du décroissement des températures à mesure qu'on s'élève, mais l'hypothèse qu'il fit sur la constitution de l'atmosphère n'est pas exacte :

1631. Euler, L. De la réfraction de la lumière en passant par l'atmosphère, selon les divers degrés tant de la chaleur que de l'élasticité de l'air. Berlin, H & M, 1754, 131.

La Caille (Paris, H & M, 1755, 563) croyait les réfractions un peu moindres au Cap de Bonne Espérance qu'à Paris.

L'ouvrage ci-dessous eut une certaine importance dans la suite de ces études. L'auteur, entre autres particularités, y développe en série l'expression de la réfraction :

1632. Lambert, J. H. Les propriétés remarquables de la route de la lumière par les airs; 8°, La Haye, 1759.

Traduction.

Merkwürdigste Eigenschaften der Bahn des Lichts durch die Luft (par *G. F. von Tempelhoff*); 8°, Berlin, 1772.

Ici se place le travail de

1633. Lagrange, J. L. de. Sur les réfractions astronomiques. Berlin, Mem_1, 1772, 259. — Reproduit : Lagrange; OEu, III, 1869, 519.

Mais jusque-là on n'était pas parvenu à intégrer les équations différentielles du problème. Voyez encore sur l'état de la question à cette époque, et sur les difficultés que cette recherche présentait :

1634. Boscovich, G. R. De refractionibus astronomicis. Boscovich, Opa, II, 1785, 398, 444.

Oriani fit bien voir sur quel point les tentatives d'intégration devaient particulièrement porter :

1635. Oriani, B. De refractionibus astronomicis. EpM, 1788, 164.

Kramp enfin arriva le premier à donner les intégrales exactes des formules de la réfraction :

1636. Kramp, C. Analyse des réfractions astronomiques et terrestres; 4°, Strasbourg, 1799.

Laplace introduisit ensuite dans le calcul la considération plus rigoureuse du décroissement de la température à mesure qu'on s'élève (**Laplace, TMc, IV, 1805**, lib. x, ch. 1).

On peut voir aussi sur l'influence des températures :

1637. Bessel, F. W. Thermometer-Verbesserungen der Strahlbrechung. **Königsberg, Beo, VII, 1822**, x.

Une constitution d'atmosphère un peu différente de celle admise par *Laplace* sert de base au travail de

1638. Ivory, J. On the astronomical refractions. **London, PTr, 1823**, 409.

Plana a fait voir, dans le même temps, que les équations différentielles posées par *Euler* et par *Lagrange* n'étaient pas tout à fait exactes :

1639. Plana, J. Recherches analytiques sur la densité des couches de l'atmosphère, et la théorie des réfractions astronomiques. **Turin, Mem_2, XXVII, 1823**, 143.

1640. Plana, J. Mémoire sur les réfractions astronomiques. **Turin, Mem_2, XXXII, 1828**.

En tête des observations astronomiques faites en 1822-1825 à l'Observatoire royal de Turin.

On peut encore prendre connaissance des travaux suivants :

1641. Young, T. A finite and exact expression for the refraction of an atmosphere nearly resembling that of the Earth. **London, PTr, 1824**, 159.

1642. Svanberg, J. Disquisitiones analyticae in theoriam refractionum astronomicarum. Nova acta societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; t. IX, 1827, p. 89; t. XI, 1839, p. 29.

L'auteur représente par une somme de termes empiriques la densité de l'air à toutes les hauteurs.

1643. Schmidt, E. Theorie der astronomischen Strahlenbrechung; 4°, Göttingen, 1828.

Il donne une forme particulière à l'expression du décroissement de la température.

1644. **Ivory, J.** On the theory of the astronomical refractions. **London**, PTr, 1838, 169.

1645. **Lubbock, J.** On the theory of astronomical refractions. **London**, MAS, XXIV, 1856, 103.

1646. **Gyldén, H.** Untersuchungen über die Constitution der Atmosphäre und die Strahlenbrechnung in derselben. **Saint-Pétersbourg, Mem**, X, 1867, n° 1; XII, 1869, n° 4.

1647. **Weile[n]mann, A.** Neue Studien über die Refraction. **Wolf, Mth**, III, 1872, 182, n° xxv.

Au point de vue particulièrement historique de la théorie des réfractions astronomiques, on consultera :

1648. **Bruhns, C.** Die astronomische Strahlenbrechung in ihrer historischen Entwickelung; 8°, Leipzig, 1861.

Dans les régions du Nord, disait *Diodore de Sicile* (Bibliotheca historica [G], lib. III, cap. 19), le disque du Soleil n'est pas rond, lorsqu'on le voit près de l'horizon. Les anciens avaient donc connaissance de ce phénomène; mais cette apparence resta longtemps un simple fait d'observation.

Ce fut *Scheiner* qui donna l'explication de la figure elliptique du disque du Soleil à l'horizon :

1649. **Scheiner, C.** Refractiones coelestes, sive Solis elliptici phaenomenon; 4°, Ingolstadii, 1617.

Cette question a été soumise au calcul par

1650. **Duséjour, D.** Equation du disque du Soleil déformé par la réfraction. **Duséjour, TaM**, I, 1786, 241.

Pour trouver le chiffre x de la réfraction horizontale dans l'atmosphère d'une planète, d'après le prolongement des cornes, on a la formule

$$x = \frac{1}{2}\left[\text{arc sin } d. \sin \frac{1}{2}(\text{C} - 180^\circ) - \frac{s}{r}\right],$$

où d représente la distance angulaire de la planète au centre du Soleil, C l'étendue

planétocentrique du croissant, *s* le demi-diamètre du Soleil et *r* le rayon vecteur de l'astre. Si l'on veut avoir *x* en minutes, il faut exprimer également en minutes *s* et arc sin *d*. (Voyez l'article de *Lyman* dans AJS_3, IX, 1875, 47).

§ 126. RÉFRACTION : TABLES.

Les premiers astronomes qui avaient aperçu les effets de la réfraction, ne dégageaient ces effets qu'avec peine des observations. Ils n'avaient pas de méthode régulière d'investigation. *Le Monnier* employa, pour la mesure des réfractions, les circompolaires qui passent près du zénit (Le Monnier, Ins, 1746, 418). Il proposa plus tard de déduire les réfractions horizontales de leur effet sur l'azimuth du lever ou du coucher apparent :

1651. **Le Monnier, P. C.** Projet d'observations astronomiques sur les réfractions horizontales. **Paris, H & M, 1766, 608.**

C'est toutefois des observations méridiennes que la plupart des astronomes tiraient les éléments numériques des tables de réfractions. Si cette recherche renferme une espèce de cercle vicieux pour l'observateur sédentaire, qui voit toujours la même étoile, au méridien, sous une même hauteur apparente, elle prend un caractère plus direct lorsqu'on rapproche les observations d'un même astre, faites sur différents horizons, à des élévations fort inégales. Telle est la marche qui a été notamment recommandée par

1652. **Main, R.** On the value of the constant of refraction as determined from zenith-distance observations of stars, near the North and South horizon. **London, MAS. XXVI, 1858, 45.**

Mais un autre moyen se présente aussi : la détermination directe de l'indice de réfraction de l'air atmosphérique. Ce moyen avait été essayé, dès 1699, par l'initiative de la Société Royale de Londres. Il est rendu compte des expériences par

1653. **Lowthorp, J.** An experiment on the refraction of air, made at the command of the Royal Society. **London, PTr, 1699, 339 b.**

Mais ces expériences ne pouvaient pas conduire alors à un résultat numérique d'une exactitude suffisante. En 1806, *Biot* et *Arago* reprirent la détermination directe de l'indice de réfraction de l'air atmosphérique :

1654. **Biot, J. B. & Arago, F.** Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière, et particulièrement sur les forces réfringentes des différents gaz. **Paris, Mem_1, VII, 1806, 301.**

Caillet refit plus tard la réduction des observations, avec de meilleurs éléments de correction :

1655. Caillet, V. Note sur la valeur du pouvoir réfringent de l'air atmosphérique qui résulte des anciennes expériences de *MM. Biot* et *Arago*. Paris, Crh, XL, 1855, 32.

Il obtient pour le pouvoir réfringent de l'air atmosphérique, à 0° de température et 0m,76 de pression, le chiffre.... 0, 000 587 826 7.

Nous avons formé ci-dessous le tableau des valeurs de la réfraction, à 45° et à 90° de distance zénitale apparente, d'après divers auteurs.

Lorsque la pression et la température auxquelles se rapportent les nombres sont spécifiées, nous avons désigné par

pa les pouces anglais;
pf — français;
M les mètres;
F les degrés Fahrenheit;
R — Réaumur;
C — centigrades ou de Celsius.

Valeurs attribuées à la réfraction astronomique.

	Réfraction à la distance zénitale apparente de 45°	90°
1586. Rothmann. (Rapporté par *Gassendi*, De Tychonis Brahei vita, lib. III; dans Gassendus, Opa, éd. 1658, V, 415; éd. 1727, V, 363.)	0″	2100″
Il croit la réfraction nulle à partir de 30° de hauteur.		
1602. Tycho Brahé :		
pour le Soleil. (Brahaeus, AiP, 1610, I, 79; 1648, 39.)	5	2040
pour la Lune. (Brahaeus, Epistolae, 4e, Francofurti, 1610, p. 124.)	0	1980
pour les étoiles. (Brahaeus, AiP, 1610, I, 280; 1648, 216.)	0	1800
1604. Képler. (Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti; cap. 4, p. 125. — Keplerus, Opa, II, 1859, 176.) . .	40	1980
1632. Lansberg. (Tabulae coelestium motuum perpetuae, fol., Middelburgi; p. 116.)	0	2040
Il fait la réfraction nulle à partir de 38° de hauteur.		

		Réfraction à la distance zénitale apparente de 45°	90°
1647.	Gassendi. (Institutio astronomica, lib. I, cap. 19; Gassendus, Opa, 1658, IV, 17; 1727, IV, 17.)	0″	2040″
	Il fait la réfraction nulle à partir de 35° de hauteur.		
1651.	Riccioli (Ricciolus, Alm, II, 668.) :		
	pour le Soleil. . . . été.	5	1945
	pour le Soleil. . . . équinoxe.	6	1980
	pour le Soleil. . . . hiver	8	2020
	pour la Lune . . . . été.	6	1980
	pour la Lune . . . . équinoxe	10	2020
	pour la Lune . . . . hiver	12	2060
	pour les étoiles . . . été.	0	1790
	pour les étoiles . . . équinoxe.	0	1810
	pour les étoiles . . . hiver	0	1830
1662.	J. D. Cassini. (*Malvasia,* Ephemerides novissimae motuum coelestium, fol., Mutinae.)	59	1940
1668.	Hevelius. (Cometographia, fol., Gedani.)	0	1860
1702.	La Hire. (Tabulae astronomicae, 4°, Paris; p. 6.) . . .	71	1920
1706.	Roemer. (*Horrebow,* P_1, Atrium astronomiae, 4°, Hafniae, 1752; p 83)	58	2024
1721.	Newton, à 28,8 *pa* et 70° F., d'après les éléments numériques fournis par *Halley.* (London, PTr, 1721, 172; reproduit dans ses Opera. édit. *Horsley,* 4°, Londini; vol. IV, 1782, p. 408.)	54	2025
1729.	Bouguer. (Paris, Rec, II, 1748, n° 4.)	0	1980
1738.	D_1. Bernoulli. (Hydrodynamica, 4°, Argentorati; p. 221.).	63	2093
1739.	Bouguer, réduit à la côte d'après ses observations de Quito. (Paris, H & M, 1739, 407. — Comparez CdT, 1765, 145; 1778, 201.)	50	1671
1740.	Jacq. Cassini. (Tables astronomiques, 4°, Paris; p. 152 : à la suite de ses Éléments d'astronomie.) D'après *J. D. Cassini.*	58,73	1940
1743.	T. Simpson, à 29,6 *pa* et 70° F. (Mathematical dissertations, 8°, London.)	52,0	1980
1755.	Bradley, à 29,6 *pa* et 50° F. (Bradley, Obs, I, 1798, xxxv.).	57,0	1980

		Réfraction à la distance zénitale apparente de	
		45°	90°
1755.	**La Caille**, à 28 *pf* et 10° R. (Paris, H & M, 1755, 547.).	66,5	2010″
1758.	**Lambert**, à 28 *pf* et 0° R. (Les propriétés remarquables de la route de la lumière, La Haye, 8°. — Comparez BaJ, 1779, 184.)	62,6	1980
1764.	**Maskelyee**, à 29,6 *pa* et 50° F. (NAI, 1767. — Comparez Maskelyne, Obs, I, 1776, tab. xxii, p. 15.)	56,9	»
1766.	**Le Monnier.** (Paris, H & M, 1766, 608.).	»	1887
1774.	**Legentil**, par ses observations de Pondichery. (Paris, H & M, 1774, 330, 382.).	»	1784
1781.	**T. Mayer**, à 28 *pf* et 0° R. (De refractionibus astronomicis, 4°, Altorfi & Norimbergæ.).	59,8	1980
1784.	**Hennert**, en rediscutant les observations de La Caille. (BaJ, 1787, 157.)	63	»
1805.	**Piazzi**, à 28 *pf* et + 8° R. (Della specola astronomica di Palermo, 4°, Palermo; lib. v, 1994, p. 179.)	57,2	1923,0
1805.	**Laplace**, en fixant la constante par les observations de Delambre, à 0m,760 et 0° C. (Laplace, TMc, IV, liv. x, ch. 1.)	60,50	»
1806.	**Delambre**, à 0m,76 et + 10° C. (Tables de réfraction, dans les Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes; 4°, Paris.)	58,21	2026,5
1810 ∓	**Bonne**, par des observations de réfraction terrestre, à 0m,760 et 10° C. (Cité par *F. T. Schubert,* Traité d'astronomie théorique, éd. 1834, t. I, p. 279.) . . .	»	1944
1814.	**Brinkley**, à 29,6 *pa* et 50° F. (Dublin Tra_1, XII, 77.) . .	56,8	»
1814.	**Groombridge**, à 29,6 *pa* et 50° F. (London, PTr, 1814, 337.)	57,43	»
1814.	**Delambre**, à 0m,760 et 10° C. (Delambre, Ast., ch. xiii; I, 313.)	57,134	»
1815.	**Carlini**, à 28 *pf* et 10° R. (EfM, 1817, 100.)	57,93	1845,7
1818.	**Bessel**, à 29,6 *pa* et 48°,75 F., d'après les observations de Bradley. (Bessel, FaA, 45-50.).	57,49	2166,86

	Réfraction à la distance zénitale apparente de 45°	90°
1823. Ivory, à 29 *pa* et 50° F. (London, PTr, 1823, 409.) . .	58",36	2057",5
1824. T. Young. (London, PTr, 124, 159.)	»	2022,5
1827. J. Svanberg, à 28 *pf* et 0° C. (Acta nova Societatis scientiarum upsaliensis, t. IX, p. 89.). . . , ...	»	2101,46
1828. E. Schmidt. (Theorie der astronomischen Srahlenbrechung, 4°, Göttingen.).	»	2164,8
1830. F. Struve, à 27,75 *pf* et 7°44 R. (Dorpatum, Obs, VI, xxx.)	57,488	»
1030. Bessel, en rediscutant les observations de Bradley, à 29,6 *pa* et 48°,75 F. (Bessel, Tab, p. lix.)	57,682	»
1836. J. B. Biot, à 0m,762 et 10° C. (CdT, 1839, 70, 81.). . .	58,357	2056,26
1838. Barfuss, en étendant sa formule jusqu'à l'horizon, à 0m,731 56 et — 13°,2 C. (ANn, XV, 151.)	»	2271
1843. T. R. Robinson, à 29,6 *pa* et 50° F. (Dublin, Tra, XIX, 211.)	57,5464	»
1848. Caillet, à 0m,76 et 10° C. (CdT, 1851, 9.)	58,26	2027,08
1856. Lubbock, à 30 *pa* et 50° F. (London, MAS, XXIV, 133). .	58,36	2075,4
1866. Gyldén, par les observations de Poulkova, à 29,6 *pa* et 7°,44 R. (St-Pétersbourg, Mem, X, n° 1.)	57,68	2061,7
1868. E. J. Stone, d'après les observations de Greenwich au-dessus et au-dessous du pôle, 1857-65, à 29,6 *pa* et 50° F. (London, MNt, XXVIII, 29.)	57,38	»
1878. Kowalski, par ses observations de Kasan, à 0m,76 et 0° C. (Recherches sur la réfraction astronomique, 8°, Kasan; p. 168, 172.)	60,31	2095

Les tables de réfraction dont on se sert à Greenwich sont, sous une forme un peu différente, celles des Tabulae regiomontanae de *Bessel*. Elles se trouvent : **Greenwich, Obs, 1836, Append**; et pour le développement de la partie relative au voisinage de l'horizon : **Greenwich, Obs, 1853, Append**. On les multiplie aujourd'hui, d'après les recherches de *E. J. Stone* qui viennent d'être citées, par le facteur 0,997 97.

Laplace a trouvé, par la considération des pouvoirs réfringents, que la correction dépendant de l'hygromètre doit être à peine sensible (Laplace, TMc, IV, 1805; liv. x, ch. 1, n° 10). *C. A. F. Peters,* en discutant les observations de la polaire au cercle vertical de Poulkova, indique pour l'influence des nuages légers à travers lesquels l'étoile avait été quelquefois observée, un excès de réfraction de 0'',012 pendant le jour, et 0'',056 pendant la nuit (AXn, XXII, 1845, 124).

Fresnel à fait la remarque très-importante que la réfrangibilité des rayons lumineux est la même, soit pour une étoile vers laquelle la Terre se meut, soit pour une étoile dont la Terre s'éloigne :

1656. **Fresnel, A.** Influence du mouvement de la Terre sur des phénomènes d'optique. Annales de chimie et de physique, par *Gay-Lussac* & *Arago,* 8°, Paris; t. IX, 1818, p. 57. — Reproduit: *Fresnel, A.,* OEuvres complètes, t. II, p. 627.

On n'est pas encore fixé sur l'interprétation physique que ce fait doit recevoir, dans la théorie de l'optique. Au reste, un ordre entier de phénomènes, se rattachant au mouvement de la source lumineuse par rapport à l'observateur, occupe maintenant les astronomes, et va faire l'objet du § suivant.

§ 127. INFLUENCE OPTIQUE DU MOUVEMENT.

L'existence de cette influence a été mise en doute, et la controverse soulevée à ce sujet peut à peine être considérée comme close. Nous allons nous borner à indiquer les mémoires les plus importants dans ce débat. Nous rejetons d'ailleurs au § 140 ci-après, ce qui touche plus particulièrement au déplacement des raies du spectre.

1657. **Doppler, C.** Ueber den Einflus der Bewegung des Fortpflanzungsmittels auf die Erscheinungen der Aether- Luft- und Wasserwellen. **Prag, Abh$_3$, V, 1847, 293.**

1658. **Hoek, M.** De l'influence des mouvements de la Terre sur les phénomènes fondamentaux de l'optique dont se sert l'Astronomie. **Utrecht, Rch, I, 1861, 1.**

1659. **Respighi, L.** Intorno l'influenza del moto dei mezzi rifrangenti sulla propagazione dei raggi luminosi da cui sono attraversati. **Bologna, Mem'$_2$, II, 1862, 279.**

1660. **Klinkerfues, W.** Versuche über die Bewegung der Erde und der Sonne im Aether. ANn, LXXVI, 1870, 33.

1661. **Mascart, E.** Sur les modifications qu'éprouve la lumière par suite du mouvement de la source lumineuse et du mouvement de l'observateur. Paris, AEn_2, I, 1872, 157; III, 1874, 363...

1662. **Van der Willigen, V. S. M.** Sur la fausseté de la proposition que la réfraction des rayons lumineux est modifiée par le mouvement de la source lumineuse et du prisme. Archives néerlandaises... publiées par la Société hollandaise des sciences à Haarlem; 8°, La Haye; t. IX, 1874, p. 41. — Aussi Archives du Musée Teyler, 8°, Harlem; t. III, 1874, p. 305.

§ 128. AGRANDISSEMENT DES ASTRES A L'HORIZON.

L'agrandissement des disques du Soleil et de la Lune, dans le voisinage de l'horizon, avait été remarqué dès l'antiquité. Il en est fait mention par *Cléomède* (Cyclica theoria meteoron [G], lib. I). Ce phénomène est décrit avec plus ou moins de détails par

Alhazen, Optica, lib. VII, prop. 52-54.

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 51-53.

Maurolycus, Photismi de lumine et umbra, 4°, Neapoli, 1611; diaphanorum partes, lib. I, theorem. 2.

Keplerus, Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; p. 98. [La Lune au zénit, dit-il, ne paraît que moitié de la Lune à l'horizon].

Wendelinus, Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644.

On a trouvé que cet agrandissement se produit de la même manière à de fortes altitudes, dans les Alpes (*Bourrit*, Nouvelle description des glacières et glaciers de la Savoie, 8°, Genève, 1785; p. 306).

Trois explications principales ont été proposées pour ce phénomène.

La première et la plus ancienne se trouve dans *Strabon* (Res geographicae [G], lib. III, cap. 95) et dans *Ptolémée* (Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 2); elle consiste à admettre que l'astre est grossi par la réfraction, comme les corps qu'on voit au fond de l'eau. Une erreur de jugement concourt au même résultat, en nous faisant supposer

la distance plus grande à l'horizon qu'au zénit, par suite de l'interposition des objets intermédiaires. Cette explication a été défendue par

Descartes, Dioptrique, 1637, chap. 6.

Mallebranche, Recherche de la vérité, 2 vol. 12°, Paris; vol. I, 1674, lib. I, cap. 7.

Wallis, Treatise of algebra, fol., London, 1685; cap. 102.

Gouye, Observation sur la grandeur apparente de la Lune à l'horizon et au méridien. Paris, H & M, 1700, his, 8.

La seconde explication est celle qui pose en principe que le ciel, à la surface duquel nous paraissent les astres, est une voûte surbaissée, dont les pieds, dit *Alhazen* (Optica, lib. VII, prop. 55), sont plus distants de nous que le sommet, de toute la grandeur du rayon de la Terre. Cette théorie de la voûte surbaissée a eu successivement pour adhérents, après le savant arabe que nous venons de citer :

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 54.

R. Baco [XIIIe siècle], Perspectiva, 4°, Francofurti, 1614; part. II, disc. III, cap. 6.

Johannes *Pisanus* [*Petzanus*] [XVe siècle], Perspectiva communis, 4°, Norinbergae, 1542; lib. II, prop. 82.

Keplerus, Ad Vitellionem paraliponona, 4°, Francofurti, 1604; cap. 4, § 7, p. 133. — Reproduit : Keplerus. Opa, II, 1859, 210.

Keplerus, Epitome Astronomiae copernicanae, 8°, Lentiis & Francofurti, 1618-1622; lib. I, part. 3, p. 81. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 157.

Hortensius [*Van den Hove*], Dissertatio cum Gassendo de Mercurio in Sole viso et Venere invisa, 4°, Lugdani Batavorum, 1633.

1663. *Gassendi,* Epistolae quatuor de apparente magnitudine Solis humilis et sublimis, 4°, Parisiis, 1642. — Reproduit : Gassendus, Opa, III, 1727, 385.

Gregorius, D., Astronomiae physicae et geometricae elementa, fol., Oxoniae, 1702; lib. II, prop. 65.

Smith, R., Compleat system of opticks, 2 vol. 4°, Cambridge, 1738; vol. I, book I, ch. 5, n°s 160-164.

[*Aselepi*], De apparente objectorum distantia et magnitudine, 4°, Romae, [1769].

La troisième théorie attribue l'agrandissement apparent des astres près de l'horizon, à l'interposition des vapeurs qui en affaiblissent l'éclat et les grossissent. Cette

hypothèse est également dans *Alhazen,* Optica, lib. VII, prop. 51. Elle a été successivement exposée par

Vitellio, Optica, lib. X, prop. 53.

Scheiner, Sol ellipticus, hoc est novum et perpetuum Solis contrahi soliti phanomenon, 4°, Augustae Vindelicorum, 1615. — Il reprend cette explication dans son Oculus, hoc est fundamentum opticum, 4°, Oeniponti, 1619.

R. Baco, Perspectiva, 4°, Francofurti, 1614; part. III, disc. II, cap. 4.

Johannes *Pisanus* [*Petzanus*], Perspectiva communis, 4°, Norimbergae, 1542; lib. III, prop. 12.

Bettini, Apiaria universae philosophiae mathematicae, 2 vol. fol., Bononiae, 1641-1642; lib. VIII (paradoxa astronomica), progymn. IV, prop. 1, 2.

Le Cat, Traité des sens; 8°, Rouen, 1740.

Gassendi a parlé aussi d'une influence due à la dilatation de la pupille, lorsque l'éclat du Soleil est affaibli à l'horizon (De apparente magnitudine Solis, cité plus haut; p. 6, 43, 82, 85).

Voyez en outre :

1664. Molyneux, W. A discourse concerning the apparent magnitude of the Sun and Moon, or the apparent distance of two stars, when nigh the horizon and when higher elevated. London, PTr, 1687, 314.

1665. Walker, E. On the apparent size of the horizontal Moon. JnP_2, IX, 1804, 164.

La question toutefois reste au point où les physiciens du XVIII[e], ou même ceux du XVII[e] siècle, l'ont laissée.

§ 129. ABAISSEMENT CRÉPUSCULAIRE.

Alhazen, vers l'an 1090, fut le premier à faire des observations suivies des crépuscules. (*Alhazenus*, De crepusculis, dans *Risnerus, F.*, Opticae thesaurus; fol., Basileae, 1572.)

Après lui vint le Portugais *Nuñes*, en latin *Nonius,* dont les recherches sont consignées dans un ouvrage dont voici le titre :

1666. P. Nonii, De crepusculis; item *Allacen* arabis de causis crepusculorum, a *Gerardo* Cremonensi jam olim latinitate donatus, nunc vero omnium primum in lucem editus; 4°, Olyssipone, 1542.

La plus ancienne appréciation de l'abaissement du Soleil qui correspond à la limite des crépuscules, est celle qu'on peut inférer d'une donnée de *Posidonius*, rapportée par *Pline*. Le tableau suivant renferme les valeurs qui ont été attribuées à cet abaissement, nommé crépusculaire.

Valeurs attribuées à l'abaissement crépusculaire.

—80 ∓	Posidonius cité par *Pline*. (Historia naturalis, lib. II, cap. 52.)	19°
130 ∓	Ptolemaeus. (Apparentiae inerrantium stellarum, 4°, Urbini, 1592.) Apparition des étoiles de 1re grandeur	12
	Fin du crépuscule astronomique.	18
1088 ∓	Alhazen. (De causis crepusculorum, cap. 1, à la suite de *Nonius*, De crepusculis, 4°, Olyssipone, 1542.)	19
Fin XIIIe siècle.	Vitellio (Optica, fol., Basileae, 1572, lib. X, prop. 60.)	19 ∓
1542.	Nonius. (De crepusculis, 4°, Olyssipone; part. II, prop. 18.) .	16
1550.	Cardan. (De subtilitate, fol., Norimbergae; lib. IV.) . . .	19
1556.	Gemma Frisius. (De astrolabo catholico, 8°, Antuerpiae; supplem.)	18
1567.	Scultetus. (Phaenomena novilunii ecliptici, 4°, Gorliciae; lib. II.) . . . . Au plus	19
1578.	Clavius. (Commentarius in sphaeram J. de Sacro-Bosco; éd. 4°, Romae, 1606, p. 131.)	19
1585.	Barocius. (Cosmographia, 8°, Venetiis, p. 198.)	19
1588.	Rothmann. (*Brahaeus,* Epistolarum astronomicarum libri duo, 2 vol. 4°, Francofurti, 1610; 21 et 24 Feb. 1588.) Fin du crépuscule astronomique	24
1589.	Stevinus. (Cosmographia, part. II, geographia, lib. III, prop. 2; reproduit dans ses Mathematica hypomnemata, publiés par *Snellius,* fol., Lugduni Batavorum, 1608; et dans ses OEuvres mathématiques, données en français par *A. Girard,* 2 vol. fol., Leyde, 1634, vol. II, p. 139.)	19
16...	Conimbricenses. (De coelo, lib. III, cap. 5, quaest. 2.) . . .	19
1602.	Tycho Brahé. (Brahaeus, AiP, éd. 1610, I, 95, 755; II, 410.)	16 à 17
1602.	Magini. (Tabulae primi mobilis, fol., Venetiis; lib. XI, probl. 30.)	18
1606.	Clavius. (De crepusculis, cap. 3, prop. 6; à la suite de l'édition du Commentarius cité plus haut.)	18

1618.	KEPLER. (Epitome astronomiae copernicanae, lib. III, part. 5; — Keplerus, Opa, VI, 1866, 285.) — Apparition de Vénus	5°
	Apparition de Jupiter et de Mercure	10
	— de Saturne	11
	— de Mars	11 ½
	— des étoiles de 1re grandeur	12
	— — 2me —	13
	— — 3me —	14
	— — 4me —	15
	— — 5me —	16
	— — 6me —	17
	des plus petites étoiles visibles à la vue simple	18
1619.	SNELLIUS. (Descriptio cometae qui anno 1618 effulsit, 4°, Lugduni Batavorum.)	19
1620.	BLANCANUS. (Sphaera mundi seu cosmographia demonstrativa, 4°, Bononiae; lib. VI, cap. 5; lib. X, cap. 15.)	18
1621.	ROGGEMBACH, rapporté par *Tanner*. (Dissertatio peripatetico-theologica de coelis, 4°, Ingolstadii; quaest. 7.)	19
1622.	LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami; sphaerica, lib. II, cap. 11.)	20
1624.	GLORIOSO. (De cometis dissertatio astronomico-physica, 4°, Venetiis; lib. II, cap. 2.)	18
1644.	RESTA, F. (Meteorologia de igneis, aereis aqueisque corporibus, 4°, s. l., lib. II, tract. I, cap. 2.)	19
1644.	WENDELIN. (Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644; praef., p. 5.)	19
...?	COTTUNIUS. (Meteorologica, lib. I, lect. 33.)	19
1647.	GASSENDI. (Institutio astronomica, 4°, Parisiis; lib. I, cap. 18. — Gassendus, Opa, IV.)	18
1651.	RICCIOLI donne pour la limite de l'absence complète du jour ou limite du crépuscule astronomique (Ricciolus, Alm, I, 39) : aux équinoxes, le matin	16
	— le soir	20 30′
	au solstice d'été, le matin	21 25
	— d'hiver, le matin	17 25

1679.	HEVELIUS. (Machinae coelestis pars posterior, fol., Gedani; lib. II et III) : pour apercevoir Vénus	2°
	— Jupiter	3
	— Mercure	3 à 4
1692?	J. D. CASSINI. (Cité : Lalande, Ast_3, II, 1792, 556.) — Fin du crépuscule astronomique	15
1751.	LA CAILLE. (Paris. H & M, 1751, 454.) — Coucher de la lumière crépusculaire à l'horizon de la mer, par une première observation	16 38′
	Par une seconde observation	17 13
1760.	LAMBERT. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, 8°, Augustae Vindelicorum; part. V, cap. 3, n° 1029, p. 456.) — Instant où la courbe crépusculaire franchit le zénit, ou fin du crépuscule civil [gemeine Dämmerung].	6 23
	Fin du crépuscule général. (Ibid., part. V, cap. 3, n° 997, p. 444.)	18 30
1772.	LALANDE. (Ast_2, liv. VIII, n° 1606, t. II.) — Apparition de Sirius dans le crépuscule du soir.	10
1782.	WURM, par ses observations. (BaJ, 1805, 165.) — Apparition dans le crépuscule de Vénus	1
	Apparition dans le crépuscule de Jupiter	4
	— — des étoiles de 1re grandeur . .	6 ½
	— — de Saturne	7
	— — des étoiles de 2me grandeur. .	9
	— — — 3me — . .	11
	— — — 4me — . .	13
1859.	LIAIS. (Paris, Crh, XLVIII, 110.) — Coucher du 1er arc crépusculaire	11 42
	Coucher du 2me arc crépusculaire	18 18
1865.	J. SCHMIDT, par les moyennes de ses observations. (ANn, LXIII, 1865, 105.) — Apparition des étoiles de 1re grandeur . .	+ 0 40 (*)
	— — 2me — . .	— 4 18
	— — 3me — . .	5 4
	— — 4me — . .	6 50
	— — 5me — . .	8 52
	— — 6me — . .	11 39
	Fin du crépuscule astronomique.	15 55

(*) Le signe + signifie que le Soleil est élevé sur l'horizon, et le signe — qu'il est abaissé au-dessous de ce plan.

Roscoe et *Baxendell* (**London, Pro, XV, 1867, 20**; reproduit en allemand dans **APC_1, CXXVIII, 1866, 291**) ont étudié les intensités relatives de la lumière diffuse, provenant de l'atmosphère éclairée par le Soleil. Il résulte de leurs observations que l'intensité I de cette lumière, pour les différentes distances zénitales z de l'astre, peut être représentée par la formule

$$I = a + b \cos z - c \cos^2 z,$$

où a, b, c, sont des constantes essentiellement positives, qui dépendent de l'état de l'atmosphère.

Zenger (**London, MNt, XXXVIII, 1878, 66**), en supposant l'air serein, et en prenant pour unité l'éclat au lever du Soleil, en même temps qu'il réduit cet éclat à 0 pour un abaissement de l'astre de 18°, trouve

$$I = 1 + 3{,}2361 \cos \varphi \cos \delta (\cos t + \text{tang} \varphi \text{ tang} \delta).$$

Ici φ représente la latitude du lieu, δ la déclinaison du Soleil et t l'angle horaire de cet astre.

Les intensités diverses de la lumière d'un astre, à différentes hauteurs sur l'horizon, sont considérées par *Laplace* (Exposition du système du monde, lib. I, ch. 16; 5e édit., 1824, t. I, p. 182), d'après les expériences de *Bouguer* (Essai d'optique, édit. 1729, p. 71; édit., 1760, p. 79; — voir plus loin § 137, n° 1721) sur l'absorption exercée par l'atmosphère.

L'éclat total ou réel d'un astre étant pris pour unité, celui observé E, à une distance zénitale z, est sensiblement, au moins jusqu'à une faible distance de l'horizon,

$$\text{Log } E = \frac{A}{\cos z}.$$

A est une constante, qui a été déterminée comme suit, pour une atmosphère sereine :

Valeurs attribuées au coefficient d'absorption de la lumière dans l'atmosphère.

1725.	BOUGUER. (Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729, p. 71. — Comp. 2e édit., 1760, p. 79.)	0,815
1760.	LAMBERT. (Photometria, 8°, Augustae Vindelicorum; n° 886, p. 397.)	0,588 9
1850.	H. VON SCHLAGINTWEIT. (**ANn, XXXI, 1851, 339.** — Comp. **Leipzig, Vjh, III, 1868, 145.**)	0,587
1862.	SEIDEL. (**München, Abh_2, IX, III, 1862, 503.**)	0,78

La table d'absorption de *Seidel* est reproduite dans *Zöllner*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; **p. 196**.

Consultez en outre :

1669. **Wild, H.** Ueber die Lichtabsorption der Luft. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 8°, Bern; année 1867, p. 221; année 1868, p. 115.

On voit par une table de *E. Weiss* (**ANn, LXXXVIII, 1876, 185**) qu'à 80° de distance zénitale on perd une grandeur entière d'étoiles, et à 87° deux grandeurs.

§ 150. DISPERSION, IRRADIATION, DIFFRACTION.

Bouguer observa le premier la dispersion des rayons des étoiles dans l'atmosphère. (*Bouguer,* Traité d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729; 2e éd., 4°, Paris, 1760). Ce sont les spectres naturels formés, dans le sens vertical, par la séparation des rayons de réfrangibilité inégale. *W. Herschel* tenta de mesurer ces spectres (**London, PTr, 1785, 215**); il fut suivi dans cette voie par

1668. **Stephen Lee.** On the dispersive power of the atmosphere and its effects on astronomical observation. **London, PTr, 1815, 575**; en allemand dans **BaJ, 1819, 115**.

F. Struve trouvait 22″ d'étendue verticale à l'image de α Piscis austrini, culminant sur l'horizon de Dorpat (**Dorpatum, Obs, IV, 1825, 25**), et *T. R. Robinson* trouvait également 22″ au spectre de α Lyrae, à son passage au méridien inférieur, sur l'horizon d'Armagh (**Dublin, Tra_1, XIX. 1843, 194**). *F. Struve* conclut de ses observations que la dispersion est environ $\frac{1}{100}$ de la réfraction (**Struve, SMm, 1837, lv**); mais la faiblesse des couleurs extrêmes permet difficilement de distinguer ces spectres, au delà de 30° d'élévation de l'étoile sur l'horizon (ibid., p. lvj). *Secchi* (Le stelle, 8°, Milano, 1877; cap. II, n° 7, p. 125) réduit la mesure de *Struve* à 14″, parce qu'il faut, dit-il, ôter une quantité égale au diamètre apparent de l'étoile, qui, ainsi que le montrait la largeur horizontale de l'image, était de 8″.

En 1838, *Bessel* fit à l'héliomètre quatre mesures du spectre de α Piscis austrini (**Königsberg, Beo, XXIV, 1848, 87**). Ces mesures ont été calculées par

1669. **Montigny, C.** Note sur le pouvoir dispersif de l'air. **Bruxelles, Bul_2, XXIV, 1867, 523.**

Cet auteur montre que les dimensions observées s'accordent dans des limites tolérables, avec celles que l'on calcule au moyen des indices de réfraction.

On peut rattacher à ce sujet les études sur la coloration des astres près de l'horizon. La teinte rougeâtre, ordinaire dans le voisinage de ce cercle, a fait l'objet d'un travail intéressant de

1670. Forbes, J. D. On the colours of the atmosphere. **Edinburgh, Tra, XIV, 1840, 375.**

Les couleurs artificielles des étoiles, à mesure qu'elles s'abaissent sur l'horizon, ont été étudiées par

1671. Poey, A. Ley de la coloracion y decoloracion de las estrellas en su ascencion y declinacion del horizonte al zenit y vice-versa.

Dans le Boletin del Instituto de geographia y estadistica de la Republica Mexicana, 8°, Mexico; vol. VIII, 1860, p. 267. — Reproduit en français dans l'Annuaire de la Société météorologique de France, 8°, Paris; t. VIII, 1860, p. 146.

Voyez aussi

1672. Montigny, C. Note sur des phénomènes de coloration des bords du disque solaire près de l'horizon. **Bruxelles, Bul_2, XXVIII, 1869, 425.**

L'étude détaillée de la coloration des astres par l'effet de l'atmosphère, le Soleil bleu, les teintes du ciel, les gloires, les brouillards lumineux, rentrent d'ailleurs comme les iris et les halos, dans le domaine de la météorologie : on se dispensera d'en parler ici.

Sur l'Irradiation, nous allons nous borner à renvoyer au mémoire classique de *Plateau,* où l'astronome trouvera ce qui peut lui être utile, au sujet de ce phénomène, dans ses observations journalières :

1673. Plateau, J. Mémoire sur l'irradiation. **Bruxelles, $Mém_2$, XI, 1838, n° 4.**

Il y a des additions à ce travail dans **Bruxelles, Bul_1, VI, 1839, I, 501 ; II, 102.**

Sur la diffraction, au point de vue de l'usage des instruments optiques d'astronomie, on consultera

1674. André, C. Étude de la diffraction dans les instruments d'optique, son influence sur les observations astronomiques. **Paris, AEn_2, V, 1876, 275 ...**

Et en ce qui touche particulièrement les passages des planètes devant le Soleil :

1675. **André, C.** Sur une nouvelle correction a apporter aux observations astronomiques résultant de la diffraction de la lumière. **Bma₂, I, 1877, 64.**

§ 131. SCINTILLATION.

La scintillation des étoiles est déjà mentionnée par *Aristote* (De coelo [G], lib. II, cap. 8). *Képler* en chercha la cause (De stella nova in pede Sepentarii, 4°, Pragae; p. 92. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 679**). Cette cause fut longtemps placée dans l'œil. Diverses circonstances devaient pourtant donner à penser qu'il s'agissait d'un phénomène météorologique. Ainsi *Garcin* avait fait la remarque (**JdS_1, 1748, 278**) que la scintillation disparaît ou a peu près, dans les pays où l'air est « pur et serein. »

Hooke avait signalé, en 1665, le changement successif des couleurs dans les étoiles qui scintillent. (Micrographia, fol., Londini, 1667; p. 218). Mais ce fut seulement dans notre siècle que *Nicholson* donna le moyen d'étudier, ou plutôt d'analyser ce phénomène. Il étala l'image de l'étoile, sous forme de ruban, en imprimant une agitation à la lunette (**JnP_2, XXXIV, 1813, 116**). Il devint alors évident que la scintillation résultait d'altérations rapides de l'image.

En 1816, *Arago* donna une première explication physique de la scintillation, en l'attribuant aux interférences de rayons qui arrivent dans l'œil par des routes un peu différentes (Dans *Humboldt, A. de,* Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, 12 vol. 8°, Paris; t. IV, 1816, p. 285). Il y revint en 1824 (Annales de chimie et de physique, par *Gay-Lussac* & *Arago,* 8°, Paris; t. XXVI, 1824, p. 431); et il a développé plus tard ses idées à ce sujet dans :

1676. **Arago, F.** Mémoire sur la scintillation des étoiles. **Paris, Crh, X, 1840, 83.** — Reproduit : **Arago, OEu, VII, 1858, 109.**

Montigny, considérant que les rayons de réfrangibilité inégale qui, d'une même étoile, parviennent à l'œil, parcourent dans l'atmosphère des routes notablement différentes, s'est demandé si certains de ces rayons n'éprouvent pas des réflexions totales momentanées, aux surfaces de séparation des ondes atmosphériques :

1677. **Montigny, C.** La cause de la scintillation ne dériverait-elle point de phénomènes de réfraction et de dispersion par l'atmosphère? **Bruxelles, Mcr, XXVIII, 1856.** — Comparez : **Bruxelles, Bul_2, XXIX, 1870, 80.**

A la même époque, *Dufour* publia le résultat de nombreuses recherches expérimentales :

1678. **Dufour, C.** Sur la scintillation des étoiles. Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, 8°, Lausanne; t. V, 1856, p. 17. — Reproduit : **Bruxelles, Bul_2, XXIII, 1856, 366.**

Dans ce mémoire, l'auteur établit les trois lois de la scintillation, qui portent son nom : 1) les étoiles rouges scintillent moins que les jaunes, et les jaunes moins que les blanches ; 2) à différentes hauteurs sur l'horizon, la scintillation est proportionnelle au coefficient de la réfraction astronomique multiplié par le trajet que le rayon a parcouru dans l'atmosphère; 3) la scintillation diminue quand le diamètre de l'astre augmente.

Respighi a fait connaître le mouvement des bandes dans les spectres des étoiles, qui, causé par le mouvement diurne du globe, est inverse des deux côtés du méridien :

1679. **Respighi, L.** Applicazione del spettroscopio alla scintillazione delle stelle. **Rome, Att, XXI, 1868, 52, 137; XXII, 1869, 124.**

Il y a une bonne analyse des travaux de *Respighi* et de *Montigny* sur la scintillation, dans *Flammarion* (Études et lectures sur l'Astronomie, 12°, Paris; t. VI, 1875, p. 116).

On étudie aujourd'hui la scintillation à l'aide de l'instrument imaginé par *Montigny*, et décrit dans l'article dont voici le titre :

1680. **Montigny, C.** Note sur un nouveau scintillomètre. **Bruxelles, Bul_2, XVII, 1864, 260.**

Indépendamment de la scintillation, on a signalé un phénomène, appelé par *Humboldt* « Sternschwanken » (**Berlin, Ber, 1851, 194**), c'est-à-dire trémulation des étoiles. Il consiste dans une sorte de danse apparente des étoiles, qui semblent éprouver des déplacements en sens divers allant parfois à plus d'un degré.

La première observation de cette espèce qui soit conservée, est celle que fit *Humboldt* au pic de Ténériffe, en 1799 (**MCz, 1, 1800, 398**, et *A. de Humboldt*, Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, 12 vol. 8° et atlas 4°, Paris; t. I, 1816, p. 269).

Schweizer, tout en admettant qu'il peut se produire, dans l'air agité et d'inégale température, un tremblement réel des images, d'ailleurs toujours limité, a cherché à

montrer que la trémulation proprement dite des étoiles est due à des vibrations du globe de l'œil. Voyez

1681. **Schweizer, G.** Ueber das Sternschwanken. **Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou, nouvelle série, 8°, Moscou; vol. XXX, part. II, 1857, p. 440; vol. XXXI, part. I, 1858, p. 477.**

Dans le second de ces mémoires, les observations les plus curieuses du « Sternschwanken » sont passées en revue.

§ 132. PHÉNOMÈNES OPTIQUES DES ÉCLIPSES.

Nous ne parlons ici que des apparences qui ont leur source en dehors de l'astre éclipsé. Celles dont le siége est dans le Soleil ou dans la Lune seront considérées aux monographies de ces astres, chap. VIII et XIII.

La lumière que la Lune conserve dans ses éclipses, même ses éclipses totales, a été signalée par *Pline* (Historia naturalis, lib. II, cap. 9). Elle est due aux rayons qui rasent le globe terrestre, et qui, en s'infléchissant, pénètrent dans le cône d'ombre géométrique. Cette question a été traitée d'une manière détaillée par

1682. **Duséjour, D.** Détermination de la quantité de lumière que reçoit la Lune dans une éclipse totale avec demeure dans l'ombre. **Duséjour, TaM, I, 1786, 665.**

Il y a sur ce sujet un mémoire de

1683. **Clapiès, J. de.** Mémoire sur les diverses apparences de la Lune éclipsée.

Dans Histoire et mémoires de l'Académie de Toulouse, 4°, Toulouse; t. I, 1782, p. 102.

On peut voir aussi :

1684. **Mädler, J. H.** Bemerkungen über Licht und Farbe des verfinstersten Mondes. **ANn, XIX, 1842, 199.**

1685. **Liais, E.** Lumière qui éclaire pendant les éclipses la portion de la Lune placée dans l'ombre de la Terre. **Paris, Crh, XLVI, 1858, 462.**

1686. **Airy, G. B.** On the amount of light given by the Moon at the greatest stage in the excentrically-total eclipse, 1863, June 1st. **London, MNt, XXIV, 1864, 67.**

Suivant *Babinet*, la limite de l'ombre trahit, par ses caractères, la nature des régions terrestres où ont passé les rayons rasants :

1687. Babinet, J. Éclipse de Lune du 1[er] juin 1863. Cos, XXIII, 1863, 59.

Les dimensions calculées de l'ombre de la Terre, dans la région de la Lune, ne sont pas d'accord avec celles que l'on déduit de l'observation des éclipses. Le rayon réel du disque d'ombre est toujours plus grand que le rayon géométrique. La première évaluation de cet agrandissement se trouve dans les tables de *Lahire* (Tabularum astronomicarum pars prior, 4°, Parisiis, 1687; p. 73), qui la faisait d'abord de 90″, soit $\frac{1}{27}$. Mais cet astronome s'arrêta définitivement à un chiffre moindre. Jacques *Cassini* et Tobie *Mayer* ont confirmé l'existence de cet agrandissement.

Valeurs attribuées à l'agrandissement du rayon de l'ombre de la Terre, dans les éclipses de Lune.

1707. P. DE LAHIRE (Tabulae astronomicae, 2[e] éd., Parisiis, 1707), 60″, soit . . . . $\frac{1}{41}$

1740. J. CASSINI (Tables astronomiques, 4°, Paris, 1740; texte, p. 34). 20″, soit . . . . $\frac{1}{123}$

1746. LE MONNIER (Ins, 1746, 251), 30″, soit . . . . $\frac{1}{82}$

1752. T. MAYER (Gotinga, Cii, I, 1752) . . . . $\frac{1}{60}$

1755. LEGENTIL (Paris, H & M, 1755, 46), dans l'équateur, 40″, soit . . $\frac{1}{61}$

Selon le rayon polaire, 100″, soit. . . . . $\frac{1}{24,6}$

1782. LAMBERT (Briefwechsel, 8°, Berlin, 1782) . . . . $\frac{1}{40}$

Dans les temps récents cet agrandissement a été trouvé comme suit :

Par MÄDLER (ANn, XXII, 1845, 364), éclipse du 26 déc. 1833, par 22 taches. $\frac{1}{65,4}$

— 13 oct. 1737, — 16 — $\frac{1}{54,0}$

— 24 nov. 1844, — 37 — $\frac{1}{48,6}$

Ces mesures donnent l'agrandissement dans l'équateur, d'après l'entrée et la sortie des taches. *Beer* et *Mädler* ont fait, au micromètre, une mesure de l'agrandissement polaire, pendant l'éclipse du 10 juin 1833, et ils ont trouvé $\frac{1}{28,3}$ (Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischer Körper im Sonnensysteme, 4°, Weimar, 1841; p. 55. — Et dans l'édition française : Fragments sur les corps célestes du système solaire, 4°, Paris [Copenhague], 1840; p. 32).

J. Schmidt (Der Mond, 8°, Leipzig, 1856; p. 142) a publié les résultats suivants :

Éclipse du	26 janv. 1842,	paral.	61′24″,6	$\frac{1}{60}$
—	31 mai 1844,	—	61 13,3	$\frac{1}{56}$
—	24 nov. 1844,	—	53 59,9	$\frac{1}{52}$
—	19 mars 1848,	—	54 23,0	$\frac{1}{45}$
—	8 mars 1849,	—	56 51,7	$\frac{1}{44}$

Pour les éclipses de Soleil, on consultera le travail de

1688. Baily, F. On a remarkable phenomenon that occurs in total and annular eclipses of the Sun. **London, MAS, X, 1838, 1.**

Il y décrit les apparences des grains blancs, du peigne et de la goutte noire.

La plupart des phénomènes optiques qui se produisent dans les éclipses de Soleil, se retrouvent au reste dans les passages des planètes devant cet astre : on en reparlera dans le § suivant.

Voyez en outre :

1689. Powell, B. Beads in annular eclipses. **London, MNt, VIII, 1848, 28.**

1690. Airy, G. B. On the origin of the apparent luminous band which, in partial eclipses of the Sun, has been seen to surround the visible portion of the Moon's limb. **London, MNt, XXIV, 1864, 13.**

1691. Challis, J. On the bright band bordering the Moon's limb in solar eclipses. **London, MNt, XXV, 1865, 18.**

§ 133. PHÉNOMÈNES OPTIQUES DES PASSAGES DES PLANÈTES.

L'anneau lumineux qui, pendant le passage, entoure la planète, a été signalé au transit de Mercure du 11 novembre 1736, par

1692. Cassini, J. Observation du passage de Mercure devant le Soleil du 11 novembre 1736, faite à Thury près de Clermont en Beauvoisis. **Paris, H & M, 1736, 433.**

Et par

1693. Plantade, F. de. Observation du passage de Mercure sur le disque du Soleil du 11 novembre 1736, faite à Montpellier. Histoire de la Société des sciences établie à Montpellier, avec les Mémoires, 4°; t II, Montpellier, 1768, p. 163.

L'anneau se voit aussi autour de Vénus; il a déjà été indiqué au passage de 1761 par différents observateurs, savoir : *de Fouchy*, *Le Monnier*, *Chappe d'Auteroche* et *Wargentin* (Paris, H & M, 1761, 365).

Au même passage de Vénus de 1761, *Le Monnier* avait en outre fait la remarque qu'on pouvait encore suivre la planète une minute ou deux après sa sortie (Paris, H & M, 1761, 72).

La tache claire, au centre du disque noir de la planète, lorsqu'on regarde celle-ci sur le Soleil, a été signalée pour la première fois, lors du passage de Mercure du 3 novembre 1697, par *Wurzelbau*, à Nuremberg. On verra à cet égard, comme pour les diverses particularités offertes par les passages de Mercure, la notice de

1694. L'Isle, J. N. de. Avertissement aux astronomes sur le passage de Mercure au-devant du Soleil, qui doit arriver le 6 mai 1753; 4°, Paris, 1753.

On trouve dans ce travail un catalogue de toutes les observations des passages de Mercure sur le Soleil.

Pour une revue plus moderne des détails relatifs aux divers phénomènes optiques, qui se produisent dans les passages des planètes inférieures devant le Soleil, on consultera :

1695. Powalky, C. Die Phänomene bei den inneren Berührungen des Venusdurchganges von 1769. ANn, LXXIV, 1869, 257.

Les notices suivantes traitent en détail de plusieurs des apparences signalées :

1696. Wolf, C. & André, C. Recherches sur les apparences singulières qui ont souvent accompagné l'observation des contacts de Mercure et de Vénus avec le bord du Soleil. Paris, MOb, X, 1874, B 1. — Reproduit : Paris, MRD, I, 1874, 115.

1697. Bakhuijzen, H. G. Van de Sande. Die Bildung des sogenannten Schwarzen Tropfens beim Venusvorübergange. ANn, LXXXIII, 1874, 305.

1698. Stone, E. J. On some phenomena of the internal contacts common to the transits of Venus, observed in 1769 and 1874, and some remarks thereon. London, MNt, XXXVII, 1877, 45.

Les études relatives aux effets de diffraction dans les passages des planètes sont résumées dans :

1699. **André, C. & Angot, A.** Origine du ligament noir dans les passages de Vénus et de Mercure et moyen de l'éviter; 4°, Paris, 1881. — Par extraits dans **ANn, CI, 1882, 33.**

Enfin on trouvera beaucoup d'observations groupées, dans le travail suivant, à l'occasion du passage de Mercure arrivé en 1878 :

1700. **Niesten, L.** Des phénomènes physiques accompagnant les passages de Mercure sur le Soleil. **Bruxelles, Ann, 1881, 159.**

§ 134. PHÉNOMÈNES OPTIQUES DES OCCULTATIONS.

La persistance des étoiles sur le disque lunaire, lors des occultations, paraît avoir été remarquée pour la première fois par *Maestlin* (Disputatio de multivariis motuum planetarum apparentibus irregularitatibus, 4°, Tubingae, 1606 ; thes. 158), en 1595, à l'occasion d'un passage de la Lune devant la planète Mars. Elle le fut certainement par *Feuillée,* à Marseille, en 1699 (**Paris, H & M, 1699,** his, 78), après l'invention du télescope.

L'attention a été fortement attirée sur ce phénomène par le travail suivant :

1701. **South, J.** References to recorded observations, in which peculiarities have been apparently seen, either at the Moon's limb or upon her disc, together with an inquiry how far certain hypotheses seem adequate to account for the phenomenon of apparent projection. **London, MAS, III, 1829, 303.**

Ce mémoire contient un relevé des principales observations, dans lesquelles l'étoile, lors d'une occultation, a paru se projeter sur le disque de la Lune.

Des différentes explications qui ont été proposées pour rendre compte de ce phénomène, la première fut celle de *Lahire.* Ce savant suppose que la lunette n'est pas exactement au point, et que l'image de la Lune est ainsi agrandie par dissipation de lumière (**Paris, H & M, 1699, 151**). Telle est aussi l'explication adoptée par *Arago* (**Arago, Apc, III, 1856, 565**).

Une autre explication fut celle qui attribue cet effet à la dissipation de lumière, dans l'œil, due à la vision indistincte. Elle est de

1702. **Jurin, J.** An essay upon distinct and indistinct vision; 4°, Cambridge, 1728.

Voir le n° 66 de ce travail, qui est imprimé à la fin du vol. II du Complete system

of opticks by *R. Smith.* Il est aussi inséré en français à la suite du liv. I, dans le tom. I de la traduction de cet ouvrage par *P[ezenas]*, 2 vol. 4°, Paris, 1767.

On a également attribué la persistance des étoiles sur la Lune à l'inflexion des rayons qui rasent le bord de cet astre :

1703. L'Isle, J. N. de. Mémoire pour servir à l'histoire et au progrès de l'Astronomie, de la géographie et de la physique; 4°, Saint-Pétersbourg, 1738.

Voir à la p. 249.

Duséjour a cru que peut-être la lumière de la Lune est plus réfrangible que celle de l'étoile :

1704. Duséjour, D. Conjecture sur la cause qui, dans les occultations des étoiles par la Lune, fait paraître l'étoile sur le disque du Soleil [lisez de la Lune].

Dans **Duséjour, TaM, I, 1786, 429.**

En dernier lieu *Airy* a donné un travail dans lequel il a formé un tableau des observations :

1705. Airy, G. B. On the apparent projection of stars upon the Moon's disk in occultations. **London, MAS, XXVIII, 1860, 173.**

Examinant la cause de ce phénomène, cet astronome l'attribue à la manière de percevoir les anneaux d'interférence qui entourent la Lune, et dans lesquels l'étoile se trouve, lorsqu'on croit l'apercevoir dans l'intérieur du disque.

Voyez encore :

1706. Respighi, L. Sopra alcuni straordinari fenomeni osservati nelle occultazioni delle stelle sotto il disco della Luna. **Bologna, Mem'$_1$, XI, 1861, 301.** — Reproduit : Annuario dell' Osservatorio dell' Università di Bologna, 8°, Bologna; année 1862, p. 195.

§ 135. FAUSSES IMAGES.

Parmi les apparences qui ne sont que des illusions pour l'observateur, il faut mentionner en première ligne les images factices, qui accompagnent parfois l'image principale réelle. Il est souvent arrivé, par exemple, qu'on a vu, dans le champ de la lunette, de faux points de lumière, à côté d'une étoile véritable. *Bianchini,* faisant usage d'un réfracteur de près de 4^{m} de foyer, a cru apercevoir cinq petites étoiles à

côté de ζ Lyrae; et *Grischow,* étant en Angleterre en 1748, écrivait qu'on avait vu un satellite qui tournait autour de α Lyrae (**Lalande, Ast$_3$, I, 1792, 270**). Pourtant ces observations n'ont pas été confirmées.

La question de l'origine de ces images a pris surtout de l'intérêt à l'occasion des observations d'un prétendu satellite de Vénus (voir plus loin, chap. XI). *Hell* a cru pouvoir l'expliquer par les réflexions qui s'opèrent à la partie postérieure de la pupille (EpV, 1766, 28 et suiv.).

C. A. von Steinheil regarde ces « falsche Sterne » comme formées dans l'oculaire (**WfA, VII, 1864, 296**).

Quant aux rayons qui, pour l'œil nu, semblent diverger des étoiles, ce sont les caustiques formées sur la rétine par les liquides de l'œil et particulièrement par les larmes. On s'en assure en remarquant qu'ils s'inclinent à mesure que l'observateur incline la tête. Voyez :

1707. **Hassenfratz, J. H.** Sur la forme apparente des étoiles et des lumières vues à une très-grande distance et sous un très-petit diamètre. Annales de chimie, dirigées par *G. de Morveau,* 8°, Paris; t. LXXII, 1809, 5.

§ 136. POLARISATION ET COLORIMÉTRIE.

La plus ancienne application du polariscope à une étude astronomique, est celle qu'*Arago* fit de cet instrument à la principale comète de 1819 :

1708. **Arago, F.** Polarisation de la lumière des comètes; observations de la brillante comète de 1819. **Arago, OEu, XI, 1859, 509.**

Ce fut seulement beaucoup plus tard que la question, reprise à peu près simultanément par plusieurs observateurs, devint l'objet d'un examen plus approfondi et plus suivi. Nous allons indiquer les travaux les plus intéressants exécutés dans cette direction.

En premier lieu, sur la polarisation de la lumière de la Lune :

1709. **Secchi, A.** Note on the recent occultation of Saturn by the Moon, and on experiments for ascertaining the polarisation of the Moon's light. **London, MNt, XIX, 1859, 289. — Comparez : ANn, LII, 1860, 95.**

1710. **Freeman, A.** Tints and polarisation of moonlight in eclipse. Nature, a weekly illustrated journal of science, 8°, London; vol. XV, 1877, p. 398.

1711. Landerer, J. J. Essai de sélénologie. Les mondes, revue hebdomadaire des sciences, par *F. Moigno*, 8°, Paris; vol. LI, 1880, p. 854.
Polarisation de lumière de la Lune en différents temps de la lunaison.

La polarisation de la lumière émanant de la couronne du Soleil a été examinée dans les éclipses les plus récentes. On trouvera des indications à ce sujet dans :

1712. Pickering, E. C. List of observations of the polarisation of the corona. Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania, 3rd series, 8°, Philadelphia; vol. LXI, 1871, p. 58.

Auquel on joindra, pour les observations plus récentes :

1713. Schuster, A. On the polarisation of the solar corona. London, MNt, XL, 1880, 35.

La lumière des comètes a fait l'objet d'observations, qui commencent à devenir nombreuses. On peut citer comme exemples :

1714. Brewster, D. Note sur la polarisation de la lumière des comètes. Paris, Crh, XLVIII, 1859, 384. — Reproduit en anglais dans PMg_4, XVII, 1859, 311.

1715. Zenker, W. Polarisation des Lichts in Kometen Coggia. ANn, LXXXIV, 1874, 173.

1716. Wright, A. W. Polariscopic observations of Coggia's Comet (1874 III). AJS_3, VIII, 1874, 156.

Les notices suivantes embrassent à la fois plusieurs applications astronomiques des expériences de polarisation :

1717. Liais, E. Sur la polarisation de la couronne des éclipses et de la lumière des comètes. Paris, Crh, XLVIII, 1859, 950.

1718. Secchi, A. Sulla polarizzazione della luce prodotta dai corpi celesti. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; vol, IX, 1859, p. 119.

Enfin il faut mentionner en terminant les observations polariscopiques ayant pour objet la lumière zodiacale :

1719. Wright, A. W. Polarization of the zodiacal light. AJS_3, VII, 1874, 451. — Reproduit : PMg_4, XLVIII, 1874, 13; en allemand : APC_1, CLII, 1874, 353; en français : Arc_2, L, 1874, 306; en italien (avec des remarques de *P. Tacchini*) : Spettr. ital., Mem, III, 1874, app. 54.

En 1861, *Zöllner* a proposé (Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels, 4°, Berlin, 1861; p. 15) d'exprimer numériquement la coloration des astres, en comparant leurs images aux rayons diversement teintés fournis par une source lumineuse, à travers un prisme de Nicol que l'on fait tourner d'angles connus. Il a appliqué ce principe à la mesure colorimétrique de certains astres, notamment des planètes. Voyez à ce sujet :

1720. Zöllner, F. Ueber Farbenbestimmung der Gestirne. ANn, LXXI, 1868, 321.

§ 137. PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE.

Bouguer peut être considéré comme le fondateur des comparaisons photométriques. Il a publié à ce sujet un ouvrage longtemps classique :

1721. Bouguer, P. Essai d'optique sur la gradation de la lumière; 12°, Paris, 1729. — 2e édition posthume donnée par *de La Caille,* sous le titre : Traité d'optique sur la gradation de la lumière; 4°, Paris, 1760.

La première comparaison qui ait été faite entre l'intensité de la lumière de la Lune et celle du Soleil, en passant par l'intermédiaire d'une bougie, se trouve p. 25-32 de la 1re édit., et p. 85-88 de l'édit. de 1760.

A l'époque même où *La Caille* réimprimait le traité de *Bouguer,* paraissait l'ouvrage magistral de

1722. Lambert, J. H. Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae; 8°, Augustae Vindelicorum, 1760.

Dans cet ouvrage, *Lambert* se sert (part. III, cap. II, § 749, p. 341) du terme latin « albedo, » pour désigner la proportion qui existe entre l'intensité de la lumière réfléchie par un corps, et celle de la lumière qui l'a frappé. On sait que ce terme est passé maintenant, en ce sens déterminé, dans les langues savantes.

Ce sont les parties IV, V et VI de la Photometria qui ont de l'intérêt pour l'astronome. Dans la partie IV (p. 355), l'auteur calcule l'éclat des images focales télescopiques. La partie V (p. 388) traite de l'absorption des rayons lumineux dans l'atmosphère; il y est également question des crépuscules. Enfin la partie VI (p. 458) donne, d'après le calcul, entre autres résultats, la proportion de lumière des différentes phases de la Lune.

Pendant longtemps on ne connut pour la comparaison photométrique des étoiles entre elles, que l'emploi de diaphragmes devant l'objectif. C'est ainsi que procéda,

entre autres, *A. de Humboldt,* pour comparer entre elles les principales étoiles du ciel austral (CdT, an XII [1804], 414).

En 1805, *J. Vidal* fit quelques mesures de l'éclat relatif des étoiles, en observant par des ouvertures graduées plus étroites que la pupille (CdT, an XV [1807], 384).

La question en resta à ce point jusqu'à ce qu'*Arago* eût imaginé, en 1833 (*Herschel, J.*, Traité de la lumière, traduit par *P. F. Verhulst* & *A. Quetelet,* 2 vol. 8°, Paris, 1829-1833; vol. II, p. 369) un photomètre, basé sur la loi d'après laquelle un faisceau de lumière polarisée se partage, entre l'image ordinaire et l'image extraordinaire, quand ce faisceau traverse un cristal doué de la double réfraction. La description complète et le dessin de ce photomètre n'ont été publiés qu'après la mort de l'auteur :

1722*. Arago, F. Deuxième mémoire sur la photométrie. Arago, OEu, X, 1858, 184.

Steinheil affaiblit l'image à volonté, en écartant l'oculaire du point de vision nette, et produisant ainsi la dissipation :

1723. Steinheil, C. A von. Elemente der Helligkeits-Messungen am Sternenhimmel. München, Abh, II, 1836, 1.

Le photomètre, appelé objectif, de *Schwerd* (Sitzungsberichte des Naturhistorischen Vereins der Preussischen Rheinlande und Westphalens, annexés aux Verhandlungen de la même Société; 8°, Bonn, XVI, 1859, 64), se compose de deux lunettes, dont les ouvertures objectives peuvent être resserrées à volonté par des diaphragmes, et dont les faisceaux sont renvoyés au moyen de prismes à travers un même oculaire.

Le photomètre de *Zöllner* recourt, comme celui d'*Arago,* aux rayons polarisés par leur passage à travers des prismes de Nicol, et se trouve muni d'une flamme de comparaison; voir à la p. 13 ses Grundzüge, cités ci-dessous.

Il faut, en effet, consulter les deux ouvrages importants de cet auteur :

1724. Zöllner, J. C. F. Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels; 4°, Berlin, 1861.

L'auteur y donne la description de son astro-photomètre et de son colorimètre. Il y joint les observations photométriques et colorimétriques d'un certain nombre d'étoiles.

1725. Zöllner, J. C F. Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper; 8°, Leipzig, 1865.

Cet ouvrage important reprend les principes de cette branche de la science. Il commence par un examen critique des travaux de *Bouguer* et de *Lambert.* Il traite ensuite en détail (p. 33) des intensités lumineuses relatives des diverses phases de la Lune. Il

aborde (p. 75) l'examen des différentes méthodes de comparaison photométrique, et s'occupe en dernier lieu (p. 205) des indices que la photométrie fournit sur la constitution physique de la surface des corps célestes.

Mentionnons aussi :

1726. **Rheinauer, J.** Grundzüge der Photometrie; 8°, Halle, 1863.

Ce livre traite en détail des lois mathématiques de l'éclairement (Abschn. III et IV), de l'éclat de la Lune et de sa lumière cendrée (Abschn. V), des rapports d'éclat des planètes (Abschn. VI), de la grandeur des petites planètes (Abschn. VII), de l'illumination de Vénus (Abschn. IX); enfin l'auteur y reprend une étude qu'il avait publiée en 1859 sur l'éclairement de Vénus par la Terre.

Voyez encore :

1727. **Knobel, E. B.** On a new astrometer. **London, MNt, XXXV, 1875, 100.**

1728. **Zenger, K. W.** A new astrophotometrical method. **London, MNt, XXXVIII, 1878, 65.**

1729. **Vogel, H. C.** Photometrische Untersuchungen der Farbe in den Spectren der Himmelskörper. **Berlin, Mbr, 1880, 801.**

1730. **Janssen, J.** Sur la photométrie photographique et son application à l'étude des pouvoirs rayonnants et comparés du Soleil et des étoiles. **Spett. ital., Mem, X, 1881, 101.**

Pritchard a fait usage, dans les derniers temps, de deux prismes superposés, dont l'un, imparfaitement diaphane, glisse sur l'autre de manière à présenter au rayon de lumière des épaisseurs croissantes :

1731. **Pritchard, C.** On a simple and practicable method of measuring the relative apparent brightnesses or magnitudes of the stars with considerable accuracy. **London, MNt, XLII, 1882, 1.**

Les résultats particuliers des comparaisons photométriques seront indiqués aux différentes monographies des astres de notre système, et pour les étoiles au chapitre XXV.

Si une planète que nous voyons sous le demi-diamètre D, réfléchissait toute la lumière qu'elle reçoit du Soleil, ou en d'autres termes si son albedo était 1, son éclat e serait, en prenant celui du Soleil pour unité :

$$e = \frac{1}{3}(1 + 2\sin^3 D - \cos^3 D).$$

Cette formule est établie par *W. H. Wollaston* (**London, PTr, 1829, 28**).

§ 138. SPECTROSCOPIE ASTRONOMIQUE EN GÉNÉRAL.

Newton avait produit et observé pour la première fois un spectre solaire, en 1666 (**London**, PTr, 1671, 3075. — Aussi : *Newton,* Optics, 4°, Londini, 1704; book I, part j, prop. 2; reproduit dans ses Opera, éd. *Horsley*, vol. IV, 1782, p. 21, et en ce qui concerne la date de 1666, p. 295). Toutefois il s'écoula un siècle et demi avant que l'on songeât à examiner les spectres des autres astres.

Ce fut *Fraunhofer* qui annonça que chaque étoile a un spectre particulier :

1732. **Fraunhofer, J.** Nouvelles découvertes sur la nature particulière et différente de la lumière terrestre, de la lumière électrique, de celle du Soleil et de celle des étoiles. **Bun$_1$, VI, 1817, 21.**

Il ne mentionna point que ces différences fussent en rapport avec les couleurs des étoiles (*Schumacher*, Astronomische Abhandlungen, 3 Hft. 4°, Altona; Hft. II, 1823, p. 43).

Amici observa, vers la même époque, que les raies du spectre diffèrent, même chez les étoiles incontestablement blanches. Je n'ai pas trouvé le passage où ce physicien a dû avancer ce fait d'observation; j'emprunte cette indication à **A. von Humboldt, Kos, III, 1851, 65 (Cos, III, 1851, 53).**

Malgré ces travaux intéressants, la spectroscopie resta dans l'enfance jusqu'à l'époque où *Bunsen* et *Kirchhoff* rattachèrent la présence des raies à la composition chimique du corps lumineux (**APC$_1$, CX, 1860, 160; CXIII, 1861, 337**). Bientôt *Kirchhoff* publia la première analyse spectrale de Soleil, qui servit de point de départ aux nombreux travaux de spectroscopie astronomique, dont la science s'est enrichie depuis vingt années :

1733. **Kirchhoff, G. R.** Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente. **Berlin, Abh, 1861, Phys, 63; 1862, Phys, 227.** — Reproduit dans ses Gesammelte Abhandlungen, 2 Abth. 8°, Leipzig, 1882.

Nous renverrons aux monographies des divers astres l'étude spectroscopique particulière de chacun d'eux. Ainsi les spectres des comètes, des météorites et des étoiles seront considérés respectivement aux chapitres XXII, XXIII et XXV; ceux du Soleil et des différentes planètes, aux descriptions spéciales de ces corps célestes. Nous allons nous borner ici à indiquer les ouvrages les plus importants ou les plus utiles, qui traitent, d'une manière générale, de la spectroscopie astronomique.

1734. **Huggins, W.** Spectral analysis of the heavenly bodies; 8°, London, 1866.

Traductions.

Analyse spectrale des corps célestes (par *F. Moigno*); 12°, Paris, 1866.

Ergebnisse der Spectralanalyse in Anwendung auf die Himmelskörper (par *E. F. W. Klinkerfues*); 8°, Leipzig, 1868.

1735. **Roscoe, H. E.** Spectrum analysis, six lectures delivered in 1868 before the Society of apothecaries of London; 8°, London, 1868. — 2e édit., 1870; 3e édit., 1873.

Traduction.

Die Spectralanalyse (par *von Schorlemmer*); 8°, Braunschweig, 1870.

1736. **Schellen, H.** Die Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf die Stoffe der Erde und die Natur der Himmelskörper; 8°, Braunschweig, 1870. — 2e édit., 8°, Braunschweig, 1871.

Traduction.

Spectrum analysis in its application to terrestrial substances, and the physical constitution of the heavenly bodies (par *J. Lassell* & *C. Lassell*); 8°, London, 1872.

1737. **Respighi, L.** L'analisi spettrale nelle sue attinenze ed applicazioni all' Astronomia; 8°, Roma, 1877.

1738. **Proctor, R. A.** The spectroscope and its work; 16°, London, 1877.

1739. **Lockyer, J. N.** Studies in spectrum analysis; 8°, London, 1878.

1740. **Browning, J.** How to work with the spectroscope, a manual of practical manipulation with spectroscopes of all kinds; 8°, London, 1878.

1741. **Cazin, A.** La spectroscopie; 18°, Paris, 1878.

Nous parlerons ici d'une apparence inhérente aux expériences elles-mêmes, celle des raies longitudinales du spectre.

On trouve déjà, à ce sujet, une note de

1742. **Ragona, D.** Sulle righe transversali e longitudinali dello spettro luminoso, e su taluni fenomeni affini. Raccolta fisico-chimica italiana pubblicata da *F. Zantedeschi*, 8°, Venezia; vol. II, 1847, p. 483

On verra d'autres observations dans :

1743. Wartmann, E. Sur les lignes longitudinales du spectre. Arc$_1$, X, 1848, 302.

1744. Zantedeschi, F. Delle cause e dei caratteri delle linee longitudinali dello spettro solare, corrispondenti a quelle linee trasversali di Fraunhofer. Annali di fisica di *Zantedeschi*, 8°, Padova, vol. I, 1880, p. 153.

Cette revue, dont il n'a paru qu'un volume, étant peu répandue, nous croyons devoir indiquer qu'il existe une analyse de ce travail dans Arc$_1$, XII, 1849, 45.

Voyez encore :

1745. Cavalleri, G. M. Indagini sulla causa delle linee longitudinali dello spettro solare perpendicolari a quelle di Fraunhofer. Corrispondenza scientifica di Roma da *E. Fabri-Scarpellini*, 4°, Roma; vol. II, 1853, p. 37.

§ 139. RAIES ATMOSPHÉRIQUES.

L'élimination des effets qui, dans les spectres des corps célestes, sont dus à l'interposition de notre atmosphère, constitue aujourd'hui un point important des études spectroscopiques. Ces effets ne laissent pas d'être considérables. *Hassenfratz* est le premier qui ait observé la disparition d'une partie du spectre solaire, notamment de l'extrémité violette, à mesure que le Soleil s'abaisse vers l'horizon. Son travail a pour titre :

1746. Hassenfratz, J. H. Sur les altérations que la lumière du Soleil éprouve en traversant l'atmosphère. Annales de Chimie par *G. de Morveau*, 8°, Paris; tom. LXVI, 1808, p. 54.

Voyez notamment p. 60.

Cette disparition partielle du spectre du Soleil a fait l'objet d'un travail récent :

1747. Cornu, A. Observation de la limite ultra-violette du spectre solaire à diverses altitudes. Paris, Crh, LXXXIX, 1879, 808.

Une autre modification est celle qui résulte de l'addition de raies provenant de la présence de notre atmosphère. L'attention a été appelée pour la première fois sur ces raies par

1748. Brewster, D. Observations on the lines of the solar spectrum, and on those produced by the Earth's atmosphere... Edinburgh, Tra, XII, 1834, 519.

Pour l'astronome, les recherches les plus intéressantes sur ce sujet sont contenues dans les notices suivantes :

1749. Janssen, J. Mémoire sur les raies telluriques du spectre solaire. Paris, Crh, LX, 1865, 213. — Reproduit : Arc_2, XXII, 1865, 69.

1750. Secchi, A. Sur l'influence de l'atmosphère sur les raies du spectre et sur la constitution du Soleil. Paris, Crh, LX, 1865, 379.

1751. Janssen, J. Sur le spectre de la vapeur d'eau. British Assoc, Rep, 1869, II, 67.

1752. Lockyer, J. N. ... On a new class of absorption phenomena, and researches in spectrumanalysis in connexion with the spectrum of the Sun. PMg_4, XLIX, 1875, 320.

1753. Vogel, H. W. Untersuchungen über Absorptionspectra. Berlin, Mbr, 1878, 409.

1754. Thollon, L. Études sur les raies telluriques du spectre solaire. Paris, Crh, XCI, 1880, 520.

1755. Egoroff, N. Recherches sur le spectre d'absorption de l'atmosphère terrestre, à l'Observatoire de Paris. Paris, Crh, XCIII, 1881, 788.

Les raies telluriques ont été représentées dans une carte par

1756. Hennessey, J. H. N. On the atmospheric lines of the solar spectrum, illustrated by a map drawn on the same scale as that adopted by Kirchhoff. London, PTr, 1875, 157.

§ 140. DÉPLACEMENT DES RAIES.

Nous avons parlé plus haut, au § 127, des effets généraux du déplacement relatif qui s'opère entre la source de lumière et l'observateur. Il nous reste, ainsi que nous l'avons alors annoncé, à indiquer les principaux travaux qui concernent , en particulier, le déplacement des raies du spectre. Voici l'énumération des plus importants.

1757. **Huggins, W.** Further observations of the spectra of some of the stars and nebulae, with an attempt to determine therefrom whether these bodies are moving towards or from the Earth. **London, PTr, 1868, 529.**

1758. **Fizeau, H. L.** Déplacement des raies spectrales par le mouvement du corps lumineux ou de l'observateur. **Paris, Crh, LXX, 1870, 1062.**

1759. **Huggins, W.** On the spectrum of the great nebula in Orion, and on the motion of some stars towards or from the Earth. **London, Pro, XX, 1872, 379.**

1760. **Vogel, H. C.** Versuche die Bewegung der Sterne im Weltraume mit Hülfe des Spectroscops zu ermitteln. **Bothkamp, Beo, I, 1872, 33.** — Comparez : **ANn, LXXVIII, 1872, 251; LXXXII, 1873, 291.**

1761. **Secchi, A.** Sullo spostamento delle righe negli spettri delle stelle prodotto dal loro movimento nello spazio. **Spettr. ital., Mem, V, 1876, 83, 89.**

1762. **Vogel, H. C.** Ueber den Einfluss der Rotation eines Sterns auf sein Spectrum. **ANn, XC, 1877, 71.**

Les observations les plus suivies, à ce sujet, sont exposées dans :

1763. **Airy, G. B.** Spectroscopic results of the motions of stars in the line of sight, obtained at the Royal Observatory, Greenwich; n[os] 1-4. **London, MNt, XXXVI, 1876, 318; XXXVII, 1877, 22: XXXVIII, 1878, 493; XLI, 1881, 109.**

Depuis l'année 1875, il y a, dans les volumes d'observations de Greenwich, une section intitulée : « Spectroscopic observations made at the Royal Observatory, Greenwich. » On y trouve, en particulier, les observations sur le déplacement des raies dans les spectres de certaines étoiles, ainsi que celles des spectres des taches, des protubérances et de la chromosphère du Soleil.

Des essais de mettre en évidence la rotation, soit du Soleil, soit d'autres corps célestes, à l'aide du déplacement des raies spectrales, sont décrits dans les notices suivantes :

1764. Zöllner, F. Ueber die Spectroscopische Beobachtung der Rotation der Sonne ... Leipzig, Ber, XXIII, 1871, 300.

1765. Young, C. A. Observations on the displacement of lines in the solar spectrum caused by the Sun's rotation. AJS_3, XII, 1876, 321. — Reproduit : Spettr. ital., Mem, V, 1876, 143.

1766. [Christie, W. H. M.] Spectroscopic results for the rotation of Jupiter and of the Sun, obtained at the Royal Observatory, Greenwich. London, MNt, XXXVII, 1877, 43.

1767. Thollon, L. Déplacement de raies spectrales dû au mouvement de rotation du soleil. Paris, Crh, LXXXVIII, 1879, 169.

Nous pouvons encore rattacher à ce qui précède l'étude suivante :

1768. Maiss. Bewegungen des Aethers im freien Raume, welche ein continuirliches Farbenspectrum verursachen. AdM, LXVI, 1881, Hft, IV.

§ 141. PHOTOGRAPHIE DES SPECTRES.

Les premiers essais de photographier le spectre solaire ont suivi de près l'invention du daguerréotype. *J. W. Draper* fut le premier à entrer dans cette voie; il fit voir sur les plaques des raies que l'on ne parvenait pas à distinguer par la vision directe :

1769. Draper, J. W. On a new system of inactive tithonographic spaces in the solar spectrum analogous to the fixed lines of Fraunhofer. PMg_3, XXII, 1843, 360. — Reproduit dans ses Scientific memoirs, 8°, London, 1878; p. 74.

Ce travail fut suivi de près par celui de

1770. Karsten, G. Spectrum mit Frauenhoferschen Linien auf Daguerreschen Platten und lichtempfindlichen Papier. Berlin, Ber, 1843, 337.

Nous indiquerons sommairement divers travaux récents, exécutés dans cette direction, qui ont un intérêt direct pour l'astronome.

1771. **Huggins, W.** On the photographic spectra of stars. **London, Pro,** XXV, 1877, 445; XXX, 1880, 20; Proceedings of the Royal institution of Great Britain, 8°, London; vol. IX, 1881, part. III.

Trois articles qui se font suite.

1772. **Draper, H.** On photographing the spectra of the stars and planets. **AJ S_3**, XVIII, 1879, 419. — Reproduit : **Spettr. ital., Mem**, VIII, 1879, 81.

1773. **Vogel, H. W.** Die Photographie der Wasserstoffspectrums und der Sternspectra. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, 8°, Bonn; année 1880, p. 276.

1774. **Draper, J. W.** Photograph of a solar spectrum. **AJS_3**, XXI, 1881, 171.

§ 142. PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

Nous ne traitons ici que de l'application générale de la photographie à l'Astronomie. C'est aux monographies des différents astres que nous parlerons des représentations photographiques particulières.

L'historique des premiers travaux de photographie astronomique peut être suivi à l'aide des articles ci-dessous :

1775. **Lichtenberger, C.** Photographie auf den Mond angewandt. **Cnt**, IV, 1850, 233.

1776. **De la Rue, W.** Report on the present state of celestial photography in England. **British Assoc, Rep**, 1859, 130.

1777. **De la Rue, W.** Report on the progress of celestial photography since the Aberdeen meeting. **British Assoc, Rep**, 1861, 94.

1778. **De la Rue, W.** Astronomical photography. **British assoc, Rep**, 1872, II, 1.

1779. **Liais, E.** Historique des applications de la photographie à l'astronomie de précision et à l'astronomie physique; discussion des avantages et inconvénients que présentent ces deux applications. Annales de l'Observatoire de Rio de Janeiro, 4°, Rio de Janeiro; vol. I, 1881, p. 29.

Sur le fond même des travaux en photographie astronomique, on consultera les mémoires suivants :

1780. **De la Rue, W.** Notice of experiments in celestial photography. **London, MNt, XIV, 1854, 134.**

1781. **Herschel, J. F. W.** On the application of photography to astronomical observations. **London, MNt, XV, 1855, 158.**

1782. **Bond, G. P.** Stellar-photography. **ANn, XLVII, 1858, 1; XLVIII, 1858, 1; XLIX, 1859, 81.**

1783. **De la Rue, W.** On heliophotography. **London, MNt, 1862, 278.**

1784. **Draper, H.** On the construction of a silvered telescope, fifteen and a half inches in aperture, and its use in celestial photography. Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XIV, 1865, p. 13*a*.

1785. **Rutherfurd, L. M.** Astronomical photography. **AJS_2, XXXIX, 1865, 304.**

1786. **De la Rue, W.** On the observations of the transits of Venus by means of photography. **London, MNt, XXIX, 1869, 48.**

1787. **Proctor, R. A.** On the application of photography as a means of determining the solar parallax from the transit of Venus in 1874. **London, MNt, XXX, 1870, 62.**

1788. **Young, C. A.** Spectroscopic and photographic observations of solar phenomena. Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania, 3rd series, 8°, Philadelphia; vol. LX, 1870, p. 232.

1789. **Hall, A.** On the application of photography to the determination of astronomical data. **JAS_3, II, 1871, 25, 154.**

1790. **Janssen, J.** Présentation d'nn specimen de photographies d'un passage artificiel de Vénus, obtenu avec le révolver photographique. **Paris, Crh, LXXIX, 1874, 6.**

1791. **Vogel, H. W.** Ueber die Anwendung der Photographie zur Beobachtung des Venusdurchgangs. **ANn, LXXXIV, 1874, 81.**

1792. **Zenger, C. W.** Ueber Heliophotographie und einer heliophotographischen Apparat. Sitzungsberichte der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, 8°, Prag; année 1875, p. 160.

1793. **Janssen, J.** Application de la photographie à l'astronomie. **Paris, Crh, LXXXII, 1876, 1383.**

1794. **Cornu, A.** Études de photographie astronomique. **Paris, Crh, LXXXIII, 1876, 45.**

1795. **Angot, A.** Étude sur les images photographiques obtenues au foyer des lunettes astronomiques. **London, MNt, XXXVII, 1877, 387.**

1796. **Vogel, H. C.** La photographie astronomique.

Dans son ouvrage : La photographie et la chimie de la lumière, 8°, Paris, 1876; p. 128.

1797. **Stein, S. T.** Astronomische Photographie.

Dans son ouvrage : Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung, 8°, Leipzig, 1877; p. 153.

1798. **Abney, W. de W.** Celestial photography.

Dans son ouvrage : A treatise on photography, 16°, London, 1878; p. 288.

Nous croyons, de plus, être utile à nos lecteurs, en donnant ici les titres des principales revues de photographie, qui s'occupent incidemment des applications astronomiques de cet art :

La Lumière; 16 vol. 4°, Paris, 1851-1866.

The British journal of photography, published weekly; 28 vol. 4°, London, 1854-1881.

Bulletin de la Société française de photographie; 27 vol. 8°, Paris, 1855-1881.

The photographic News, a weekly record of the progress of photography, by *G. W. Simpson;* 25 vol. 4°, London, 1857-1881.

Le Moniteur de la photographie, revue internationale et universelle des progrès de la photographie; 20 vol. 4°, Paris, 1861-1881.

Les vol. I-VIII sont par *E. Lacan* et *P. Liesegang*, les vol. IX à XVII par *E. Lacan* seul, les vol. suivants par *L. Vidal.*

Photographische Mittheilungen, herausgegeben von *H. W. Vogel;* 17 vol. 4° puis 8°, Berlin, 1864-1881.

Photographische Correspondenz; 18 vol. 8°, Wien, 1865-1881.

Dirigé d'abord par *L. Schrank*, puis à partir du vol. XI, 1871, par *E. Hornig.*

Photographische Notizen, Berichte über die neusten Erfahrungen und Fortschritte im Gebiete der Photographie; 17 vol. 8°, Wien, 1865-1881.

Les deux premiers volumes par *A. Moll* & *V. Modl,* les suivants par *A. Moll* & *C. Schierer.*

Anthony's Photographic Bulletin; 12 vol. 8°, New-York, 1870-1881.

CHAPITRE VII.

SYSTÈME SOLAIRE EN GÉNÉRAL.

---

§ 143. NOMBRE, DÉNOMINATIONS ET SIGNES DES PLANÈTES.

Il semble que les planètes aient dû, de bonne heure, être distinguées des étoiles fixes. Il en fut probablement ainsi chez les premiers peuples observateurs, notamment en Chine, en Chaldée et en Égypte. Mais en Grèce le système planétaire ne fut d'abord connu que fort imparfaitement. Au temps de la guerre du Péloponèse [— V[e] siècle], *Démocrite,* par exemple, n'était pas encore sûr des révolutions des planètes, ni même de leur nombre (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 3).

Toute l'astronomie classique s'est bornée à la connaissance de deux planètes inférieures, Mercure et Vénus, et de trois planètes supérieures, Mars, Jupiter et Saturne. En y ajoutant le Soleil et la Lune, on avait sept astres mobiles, qui composaient, au dedans de la sphère des fixes, tout le système cosmologique des anciens. C'est à ce système que vont s'appliquer, à peu près exclusivement, les considérations renfermées dans le présent chapitre.

Nous ne donnerons pas ici la synonymie des planètes, dans les langues classiques : ce détail seul prendrait un espace considérable. Mais nous indiquerons les sources où l'on trouvera réunie cette synonymie.

Le premier auteur qui s'en soit occupé n'avait fait qu'un travail sommaire. Ceux qui l'ont suivi sont entrés à cet égard dans de plus grands détails. On trouvera les renseignements dans :

1799. *Costard,* The history of Astronomy; 4°, London, 1767; p. 192.

1800. Panckoucke, BSL; Pline, t. II, 1829, p. 268-285.

Le traducteur, Ajasson *de Grandsagne*, a réuni ici, dans une note, les noms des planètes ainsi que les épithètes principales qui leur étaient affectées, en hébreu, en phénicien, en copte, en grec et en ancien romain. Il indique assez complétement les autorités sur lesquelles il s'appuie.

A. de Humboldt a fait un travail analogue, qui comprend le copte, le chaldéen, le sanscrit et le grec :

1801. Humboldt, Kos, III, 1851, 467 (Cos, III, 1851, 680).

Nous avons parlé plus haut (Chap. II, § 60, p. 107) de l'origine des signes symboliques des planètes. Les sources à consulter, sur les formes diverses par lesquelles ont passé ces signes, sont, en se bornant aux principales :

1802. *Salmasius* [*Saumaise*], Plinianae exercitationes in C. Julii Solini polyhistora; 2 vol. fol., Parisiis, 1629; réimpr. 2 vol. fol., Trajecti ad Rhenum, 1689; tom. II, p. 1235-1237.

1803. *Du Fresne du Cange,* Glossarium ad scriptores mediae et infimae graecitatis, 2 vol. fol., Lugduni, 1688; tom. II, apud finem.

Aux signes symboliques des planètes se rattachent les analogies, qu'on avait établies entre ces astres et les métaux. Les listes de correspondance ne s'accordent que pour deux des corps du système : le Soleil dont le métal était l'or, et Mars auquel correspondait le fer. Les autres analogies varient un peu dans les diverses listes. On trouve des tableaux de correspondance entre les planètes et les métaux, dans :

Brahaeus, T., Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 (aussi titre de Francofurti, 1610); lettre à Rothmann[us], du 17 août 1588, insérée p. 105.

Baranzanus, R., Uranoscopia seu de coelo, 4°, Coloniae Allobrogum & Lugduni, 1617; part. II.

Kepler[us], Epi, part. II, 1620, 488. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 331.

Dans la pensée des astronomes du XVI[e] siècle, les densités des planètes étaient liées à ces assimilations; c'est ce qu'on voit notamment à la suite du passage de *Képler* qui vient d'être indiqué.

§ 144. SYSTÈME DU MONDE.

C'est *Ptolémée* qui a exposé magistralement le système géocentrique, dans lequel toutes les planètes et le Soleil lui-même tournent autour de la Terre immobile (**Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 5 et 7**). C'est son autorité qui a maintenu cette manière de voir, parmi les astronomes, pendant quatorze ou quinze siècles.

On ne doit mentionner, en effet, que pour mémoire l'hypothèse des sphères homocentriques de *Fracastor,* qui n'a jamais pu prendre pied dans la science d'une manière sérieuse. On en trouve l'exposition dans :

1804. **Fracastorus [Fracastoro], G.** Homocentricorum sive de stellis liber unus; 4°, Venetiis, 1535; sect. I et sect. III, cap. 25.

Malgré la faveur pour ainsi dire universelle, avec laquelle l'hypothèse géocentrique était accueillie, il y avait cependant, par intervalles, des penseurs hardis qui, s'affranchissant des entraves du préjugé, envisageaient d'un esprit ferme des hypothèses différentes.

L'idée de la rotation de la Terre s'était présentée de bonne heure, comme explication du mouvement diurne de la sphère. On cite parmi les rares philosophes qui ont exprimé cette opinion :

Nicetas ou Hicetas [— Ve siècle] (*Cicero*, De finibus bonorum et malorum [L], lib v; Tusculanae quaestiones [L], lib. i).

Ecphantus [— IVe ? siècle] (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. iii, cap. 13).

Heraclides [2e moitié du — IVe siècle] (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. iii, cap. 13; *Diogenes Laertius*, De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. v, cap. 86). — *Suidas* l'appelle Heracleidês; il est généralement désigné sous le nom d'Héraclide de Pont.

Cusa, N. de [milieu du XVe siècle] (*Cusanus, N.*, De docta ignorantia, lib. ii, cap. 11; imprimé dans ses Opera, fol., Basileae, 1565, p. 41).

Calcagnini, C. Quod cœlum stet, Terra moveatur, vel de perenni motu Terrae. Dans ses Opera aliquot, fol., Basileae, 1544; p. 388-395.

L'auteur était mort en 1541; cet écrit doit être de la dernière partie de sa vie. On y trouve rassemblées pour la première fois en corps d'arguments, les raisons qui militent en faveur du mouvement diurne de la Terre.

Non-seulement le mouvement diurne, mais aussi le mouvement annuel de la Terre avait été conjecturé dès l'antiquité. Ici l'on cite :

Platon [— IVe siècle] (*Plato*, Timaeus [G]. Comparez *Dutens*, Recherches sur l'origine des découvertes, 2e édit., 2 vol. 8°, Paris, 1776; tom. I, p. 208). — Toutefois *Platon* semble avoir abandonné cette idée, vers la fin de sa vie, pour faire tourner le Soleil autour de la Terre (*Plutarchus*, De vita Numae [G]).

Aristarque de Samos, mentionné dans les ouvrages classiques sous le nom d'Aristarchus Samius [— IIIe siècle] (*Archimedes*, De numero arenae [G], in initio; *Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. ii, cap. 13).

Sénèque [+ Ier siècle] restait dans le doute entre les deux systèmes de la Terre mobile ou immobile (*Seneca*, Naturales quaestiones [L], lib. vii, cap. 2).

D'autres, au contraire, avaient montré plus de hardiesse, en combinant les deux mouvements de rotation et de révolution. Parmi ces précurseurs de *Copernic,* on connaît :

PHILOLAUS [— Ve siècle] (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 23; lib. III, cap. 11 et 13. Comparez *Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VIII, cap. 85; et *Stobaeus*, Eclogae physicae et ethicae [G], lib. I).

Les PYTHAGORICIENS d'Italie [— V^e^ et — IVe siècle] (*Aristoteles,* De coelo [G], lib. II, cap. 13).

Sur les précurseurs de *Copernic* aux différentes époques de l'histoire, on consultera :

1805. **Schiaparelli, G. V.** I precursori di Copernico nell' antichità. **Milano, Pub, III, 1873, 1.** — Aussi dans : **Milano, Mem$_3$, III, 1873, 381.**

Traduction.

Die Vorläufer des Copernicus im Alterthum (par *M. Curtze*); 8°, Leipsig, 1876. — Tiré à part de l'Altpreussische Monatschrift.

1806. **Günther, S.** Die Lehre von den Erdrundung und Erdbewegung im Mittelalter bei den Arabern und Hebräern.

Dans ses Studien zur Geschichte der mathematische und physische Geographie ; 8°, Halle s/S, 1877 ; Hft. II.

Au nombre des principales autorités qui ont combattu, dans l'antiquité et dans le moyen âge, l'idée du mouvement de la Terre, il faut citer en première ligne *Aristote* (De cœlo [G], lib. II, cap. 12). La plupart de ses commentateurs l'ont suivi sur ce point, sans ménager leur approbation ; ce sont, entre autres, *Simplicius, Philalthaeus, Conimbricenses, Ruvius.*

Ptolémée, qui avait fondé son système sur la position centrale où il supposait la Terre, ne pouvait manquer de s'élever contre l'idée de la mobilité de notre globe (**Ptolemaeus, MCo,** lib. I, cap. 5 et 7) Il fut également suivi à cet égard par ses principaux commentateurs, entre autres par *Théon* d'Alexandrie (Commentarii in Ptolemaei magnam constructionem, lib. I; voir n°s 452 et 478-480) et par *Regiomontanus* (Epytoma in Almagestum Ptolomei, lib. I, concl. 3 et 5; voir notre n° 625, § 59).

Dans l'antiquité, on cite encore parmi les adversaires du mouvement de la Terre, *Cléomède* (Cyclica theoria meteoron [G], lib. I, cap. 9) et *Macrobe* (Expositio in somnium Scipionis [L], lib. I, cap. 22).

Cette question a été peu discutée parmi les Arabes. Cependant *Alfragan* a cru devoir en faire mention, pour s'opposer à la notion du mouvement de la Terre (*Alfraganus,* Elementa astronomica [A], diff. IV).

Au moyen âge, le plus célèbre des opposants fut le cardinal *d'Ailly* [fin du XIVe siècle], qui soutint énergiquement l'opinion de l'immobilité du globe (*Alliacus,* Sphaera mundi, fol., Parisiis, 1500, quaest. III; réimpr. fol., Parisiis, 1508).

Enfin le mouvement de la Terre fut encore combattu par un moderne, l'année même où *Copernic* publiait son immortel ouvrage. Nous parlons de *Maurolycus, F.,* Cosmographia in tres dialogos distincta, 4°, Venetiis, 1543 ; dial. I, p. 9. — Il y a des réimpressions : Parisiis, 1558; Venetiis, 1575. (Voir notre n° 637, § 59.)

En ce qui concernait les planètes inférieures, Mercure et Vénus, il n'était pas très-difficile de reconnaître qu'elles exécutent leur révolution autour du Soleil. Les Égyptiens étaient arrivés à cette conclusion (*Plato,* Timaeus [G]; *Macrobius,* Expositio in somnium Scipionis [L], lib. I, cap. 19), dans une antiquité probablement fort reculée. L'identité de l'étoile du soir et de l'étoile du matin, de Hesperos et de Eosphoros, était connue des philosophes grecs, notamment de *Pythagore* (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 8; *Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VIII, cap. 14; *Stobaeus,* Eclogae physicae et ethicae [G], lib. I) et de *Parmenides* (*Diogenes Laertius,* op. cit., lib. IX, cap. 23).

Cette notion ne manqua pas de se transmettre. *Cicéron* (Somnium Scipionis) dit que les orbites de Vénus et de Mercure accompagnent et suivent le Soleil : hunc ut comites sequuntur Veneris alter, alter Mercurii cursus.

On retrouve cette notion dans *Vitruve* au Ier siècle (*Vitruvius,* De architectura [L], lib. I, cap. 9; lib. IX, cap. 4), dans *Favorinus* (*Diogenes Laertius,* op. cit., lib. IX, cap. 23), et dans *Apulée* au IIe (*Apulejus,* De mundo [L]); dans *Macrobe* au IVe (*Macrobius,* Somnium Scipionis [L], lib. I, cap. 19), dans Martianus *Capella* au Ve (*M. Capella,* Satyricon, [L], lib. VIII; édit. *Grotius* de 1599, p. 336); dans *Bède* au VIIIe (*Beda,* De mundi coelestis terrestrisque constitutione [L], cap. de epicyclis et intersectis, dans ses Opera, édit. fol., tom. I, p. 383). Les Arabes n'y restèrent pas non plus étrangers, ainsi que l'attestent, au XIIe siècle, certains passages d'*Alpétrage* (Theorica physica planetarum [A], cap. 9) et de *Geber* fils d'Affla (De astronomia [A], lib. VII, cap. 1). On peut dire que cette notion servait comme d'introduction et de prélude aux systèmes de *Copernic* et de *Tycho Brahé.*

Les astronomes qui n'admettaient pas la circulation des planètes inférieures autour du Soleil, restaient assez naturellement incertains si ces planètes étaient en deçà ou au delà de cet astre. Elles étaient au delà, disait *Platon,* par la raison qu'on ne les avait jamais vu occulter le Soleil (*Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. I, cap. 15). Ainsi pensaient encore *Théon* d'Alexandrie (Commentarii in Almagestum [G], lib. IX, cap. 7) et l'Arabe *Geber* (De astronomia [A], lib. VII, cap. 1). Mais *Ptolémée* avait conclu dans le sens contraire, et préférait placer ces planètes entre le Soleil et nous (Ptolemaeus, MCo, lib. IX, cap. 1).

Au milieu de ces incertitudes, les opinions touchant le mouvement de la Terre n'avaient eu, jusqu'au XVI[e] siècle, qu'une portée indirecte sur la conception que l'on se formait du système du monde. Mais cette question prit tout à coup une importance majeure, le jour où *Copernic* la lia (**Copernicus, Rev, 1543, lib.** I, **cap.** 5-11; **lib.** III, **cap.** 5; **lib.** V, **cap.** 2 et 5), par les vues d'ensemble qu'il présenta dans son immortel ouvrage des Révolutions, à la disposition générale du système planétaire.

La théorie de *Copernic* se résume dans trois propositions fondamentales :

1). La Terre a un mouvement de rotation diurne.
2). La Terre a un mouvement de transport autour du Soleil.
3). Les planètes circulent comme la Terre autour du Soleil.

Avant lui on avait bien songé, par intervalles, soit à la rotation, soit à la révolution de la Terre, soit même à ces deux mouvements réunis; on avait parfois attribué aux planètes inférieurs une circulation autour du Soleil. Mais il est le premier qui ait eu la hardiesse d'assimiler franchement la Terre aux autres planètes. C'est lui qui a constitué pour la science le système solaire.

Comme conséquence et comme preuve de son système *Copernic* annonçait (**Copernicus, Rev, 1543, lib.** II, **cap. 10**) qu'on découvrirait des phases à Mercure et à Vénus, si l'on parvenait à voir assez nettement les disques de ces planètes. Cette déduction était évidente; mais le rapprochement entre cette annonce et le fait observé plus tard, après la découverte du télescope, ne manque pas d'un certain intérêt.

Cette opinion de *Copernic* supposait les planètes opaques, et tirant leur lumière du Soleil. On avait à cet égard l'analogie de la Lune. Il n'en est pas moins intéressant de voir les esprits supérieurs du XVI[e] siècle s'arrêter à cette idée, notamment :

1807. **Brunus [Bruno], J [G].** De infinito et innumerabilibus; 8°, Venetiis [Londini], 1524.

1808. **Kepler[us], J.** Dissertatio cum nuncio sydereo, 4°, Pragae, 1610; réimp 8°, Francofurti, 1611, p. 15. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 485**; aussi : **Galilei, Ope, V, 1846, 405.**

Le système de Tycho *Brahé,* qui eut le tort de venir après *Copernic,* fut une concession aux anciennes idées; c'était manifestement un pas en arrière. Son auteur apercevait bien la simplicité qui résultait du choix du Soleil pour centre; mais il faisait circuler toutes les planètes, considérées comme satellites du Soleil, autour du petit globe de la Terre. Ce système est exposé dans :

1809. **T. Brahaeus.** De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus, 4°, Pragae, 1603; cap. VIII.

Ce traité forme la seconde partie des Astronomiae instauratae progymnasmata, et se trouve réimprimé à ce titre dans l'édition intitulée « Tychonis Brahe opera omnia, » 4°, Francofurti, 1648.

Tycho *Brahé* avait cependant observé, en 1582, que la vitesse de rétrogradation de Mars, en opposition, était d'accord avec l'hypothèse de *Copernic*, mais non avec celle de *Ptolémée* (*Maestlin,* dans ses notes à la Narratio de Rheticus, p. 135, qui sera citée plus bas). Un autre fait s'était présenté à l'observation de Simon *Marius,* qui n'avait pu s'empêcher d'en faire mention (Mundus jovialis, 4°, Norimbergae, 1614); c'est que les révolutions synodiques des satellites de Jupiter sont uniformes, lorsqu'on prend le point de départ sur la ligne qui joint Jupiter au Soleil, tandis qu'elles ne le sont plus quand on part de la droite tirée de Jupiter à la Terre (cité : **Keplerus, Epi, lib.** IV, **1620**, part. ij, p. 557; reproduit : **Keplerus, Opa, VI, 1866**, 555.

Plus tard, lorsque la théorie de *Copernic* fut à peu près généralement acceptée par les astronomes, la constitution du système planétaire et la nature des actions qui le régissent restèrent encore, pendant longtemps, sous une sorte de voile. C'est alors que parut l'hypothèse des tourbillons de *Descartes,* laquelle se trouve exposée dans la IIIe partie de

1810. **Cartesius [Descartes], R.** Principia philosophiae; 4°, Amstelodami; 1644. — Réimpr. 1663.

L'édition princeps est d'Elzevier.

Traduction.

Les principes de la philosophie (par [*Picot*]); 4°, Paris, 1647. — Réimpr., 1651, 1658, etc.

Cet ouvrage est inséré d'ailleurs dans toutes les éditions des œuvres de *Descartes.*

Une partie de la célébrité momentanée de cette hypothèse est due à l'ouvrage de

1811. **Fontenelle, B. L. de.** Théorie des tourbillons cartésiens; 12°, Paris, 1752.

Mais bientôt l'attraction newtonienne vint débarrasser le terrain de ces fausses idées. On a traité de la force d'attraction au § 111, chap. V, plus haut p. 249.

§ 145. LITTÉRATURE COPERNICIENNE.

La discussion soulevée par la théorie de *Copernic* a donné lieu à toute une littérature, qui peut se diviser en copernicienne et anti-copernicienne, suivant que les écrivains se prononçaient pour ou contre l'assimilation de la Terre aux planètes. Indépendamment des relations que l'on trouve dans les histoires générales de l'Astronomie, on consultera sur les développements de cette controverse célèbre :

1812. **Beckmann, F. L.** Zur Geschichte des Kopernikanischem Systems; 3 Thle, 8°, Braunsberg, 1861-1862.

1813. **Morgan, A. de.** The progress of the doctrine of the Earth's motion, between the times of Copernicus and Galileo, being notes on the antegalilean copernicians.

Dans le Companion to the Almanac or year-book of general information, collection de notices jointes annuellement au British Almanac of the Society for the diffusion of useful knowledge, 12°, London; année 1855, p. 5.

Le premier auteur qui prit parti pour la doctrine de *Copernic* fut *Joachim*, plus connu sous le nom de *Rheticus*. Ayant eu connaissance du livre du maître avant sa publication, il en exposa les idées sur le système du monde, dans une lettre à *Schoner*, imprimée à Dantzig en 1540 :

1814. **Rheticus, G. J.** De libris Revolutionum N. Copernici narratio prima; 4°, Gedani, 1540. — Réimpr., 8°, Basileae, 1541.

Ces deux éditions, la première surtout, sont excessivement rares. Heureusement cette lettre de *Rheticus* est réimprimée à la suite de l'ouvrage de *Copernic*, éditions de 1566, de 1854 et de 1873 (voir § 62, n°s 654 et 652), et comme on le verra plus bas, dans la seconde édition du Mysterium cosmographicum de *Képler*.

On nous saura peut-être gré de donner ci-dessous la liste chronologique des adhésions au système de *Copernic*, qui sont les plus importantes par l'autorité des noms ou par la valeur de la discussion.

1815. **Reinhold[us], E.** Prutenicae tabulae coelestium motuum, 4°, Tubingae; 1551; n° XXXIV, p. 43.

Cet ouvrage a été réimprimé à Tubingen en 1571 et à Wittenberg, en 1585.

1816. **Naiboda [Nabod], V.** Institutiones astronomicae, 4°, Coloniae, 1580; lib. I, cap. 10 et 16.

1817. **Rothmann[us], C.** Epistola ad Tychonem Brahaeum, 18 Apr. 1590. Dans *T. Brahaeus,* Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 [et avec nouveau titre : Norimbergae, 1610]; p. 184.

1818. **Brunus [Bruno], J [G].** De maximo et immenso, 8°, Francofurti, 1591 (réimpr., 1614); lib. III, cap. ult. — Publié à la suite de son De monade, numero et figura. — Reproduit dans la collection de ses écrits latins : Jordani *Bruni* Nolani Scripta quae latine redegit omnia; 8°, Parisiis, 1834.

1819. **Kepler[us], J.** Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum, 4°, Tubingae, 1596; cap. I, in notis. — Reproduit : **Keplerus, Opa, I, 1858, 48.**

1820. **Maestlin[us], M.** *G. J. Rhetici* narratio de libris Revolutionum Copernici; praef. et addit. Imprimé à la suite de l'ouvrage de Kepler[us]: Prodomus dissertationum cosmographicarum, sive mysterium cosmographicum; 4°, Tubingae, 1596. — Réimpr. fol., Francofurti, 1621.

1821. **Gilbert[us], G.** Tractatus de magnete, 4°, Londini, 1600; lib. VI. — Il y a une réimpression, 4°, Sedini, 1628.

L'auteur affirme le mouvement diurne de la Terre.

1822. **Kepler[us], J.** De stella nova in pede Serpentarii, 4°, Pragae, 1606; cap. 15 et 16. — Reproduit : **Kepler, Opa, II, 1859, 668, 672.**

1823. **Kepler[us], J.** Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; introd. — Reproduit : **Keplerus, Opa, III, 1860, 146.**

1824. **Galilei, G.** Lettere e disquisizioni del finto Apelle; 4°, Roma, 1613.

Ces lettres sont jointes à l'Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari. Dans la dernière, datée du 1er décembre 1612, *Galilée* se prononce ouvertement pour le système de *Copernic*. C'est cette lettre qui a déterminé l'interdit du 20 février 1616, lancé par Rome contre ce système. Elle figure au tom. III de l'éd. 8° de Florence, des Opere de *Galilée.*

1825. **[Galilei, G.]** Lettera a Christina di Lorena sulla interpretazione delle Sacre Scritture in materie meramente naturali [1615]; 4°, Augustae Treboccorum, 1636.

Traduction.

Novantiqua sanctissimorum patrum et probatorum theologorum doctrina de Sacrae Scripturae testimoniis in conclusionibus mere naturalibus, . . . temere non usurpandis; 4°, Augustae Treboccorum, 1636.

Cette traduction est ordinairement jointe au texte italien. On en rencontre cependant des exemplaires séparés avec la date de 1637.

Le texte italien est reproduit dans l'édition du Dialogo de Naples 1710, dans le tôm. XIII de l'édition 8° de Milan des Opere de Galilée, dans la part. I des Memorie e Lettere di Galileo par *Venturi* 1818, dans le tom. XXI de la Biblioteca enciclopedica italiana 1832, et dans le tom. II des Opere de Florence, 8°.

1826. Foscarini, P. A. Lettera sopra l'opinione de' pittagorici e del Copernico della mobilità della Terra e stabilità del Sole; 4°, Napoli, 1615. — Réimpr. dans l'édition du Dialogo de *Galilée* de Naples 1710, dans le tome XIII de l'édit. des Opere di Galilei de Milan 1808, et dans le tome V des Opere 8° de Florence.

Traduction.

Epistola de opinione pythagoricorum et Copernici super mobilitate Terrae et stabilitate Solis (par *D. Lotaeus*); 4°, Neapoli, 1615. — Réimpr., 4°, Lugduni, 1641.

Cette lettre de *Foscarini* a été condamnée par le Saint-Office (Ricciolus, Alm, 1651, II, 290; *Delambre*, Histoire de l'Astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris, t. I, 1821, p. 662).

1827. Baranzanus, R. Uranoscopia seu de cœlo, 4°, Coloniae Allobrogum & Lugduni, 1617; part. II, p. 42, 103, 115.

1828. Kep[p]ler[us], J. Epitome Astronomiae copernicanae; fasc. I, 8°, Lentiis ad Danubium, 1618, lib. I, part. V. p. 138; fasc. II, ibid., 1620, lib. IV. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 168, 308.

1829. Campanella, T. Apologia pro Gallilaeo, ubi disquiritur, utrum ratio philosophandi, quam Gallilaeus celebrat, faveat Sacris Scripturis, an adversetur; 4°, Francofurti, 1622.

Cet ouvrage est rare. *Weidler* (Historia astronomiae, 4°, Wittenbergae, 1741; p. 426) a cru à tort qu'il avait paru d'abord en 1616. Il est reproduit dans l'édition des Opere de *Galilée*, 8°, de Florence, t.V, 1846, p. 495. Suivant *Campanella,* la Bible, en parlant des phénomènes célestes, a voulu simplement employer le langage du vulgaire.

1830. Lansberg, P. Bedenckingen op den dagelijckschen en de jaerlijckschen loop van den Aerdt-kloot; 4°, Middelburg, 1629. — Réimpr., 1650 et 1666.

Traductions.

Commentationes in motum Terrae diurnum et annuum, et in verum aspectabilis cœli typum (par *M. Hortensius* [*Van den Hove*]); 4°, Middelburgi, 1630. — Reproduit dans ses Opera, 1651, sous le n° 6.

Dissertation sur le mouvement diurne et annuel de la Terre (par *D. Goubard*); fol., Middelbourg, 1633.

L'auteur défend vigoureusement le système de Copernic, qu'il expose avec clarté, et finit en réfutant l'hypothèse de Tycho Brahé.

1831. **Lansberg[ius], P.** Uranometriae libri tres, 4°, Middelburgi, 1631; lib. III. — Reproduit dans ses Opera, fol. Middelburgi, 1663; n° 3, p. 67.

1832. **Galilei, G.** Dialogo dove ne i congressi di quattro giornale si discorre sopra i due sistemi massimi del mondo, tolemaico e copernicano, proponendo in determinatamente le ragioni filosofiche e naturali tanto per l'una quanto per l'altra parte; 4°, Fiorenza, 1632. — Réimpr., 4°, [Napoli], 1710.

Traductions.

Systema cosmicum, in quo quatuor dialogi de duobus maximis mundi systematibus, ptolemaico et copernicano... disseritur (par *M. Bernegger[us]*); 4°, Augustae Treboccorum, 1635. — Réimpr., 4°, Lugduni, 1641; 8°, Londini, 1663; 4°, Lugduni-Batavorum, 1699.

The systeme of the world in four dialogues (par *T. Saulsbury*); fol., London, 1661.

Ce dialogue ne figure pas dans l'édition des Opere de *Galilée*, de Bologne 1655-56, ni dans celle de Florence 1718. Il forme le tome IV des Opere de Padoue 1744; il est revu et augmenté, dans cette édition, d'après l'exemplaire même de l'auteur. Il se trouve au tome XI de l'édition de Milan 1808-11, au tome XXI de la Biblioteca enciclopedica italiana, 8°, Milano, 1832, et au tome I de l'édition des Opere 8° de Florence, 1842-56.

C'est cet ouvrage qui valut à *Galilée* la condamnation du 22 juin 1633 (Ricciolus, Alm, II, 1651, 497). On en trouve une analyse étendue, en italien, dans *Nelli, G. C. de*, Vita e commercio litterario di Galileo, 2 vol. 4°, Lausanne [Florence], 1793; t. II, p. 566-599; et en français dans *Delambre, J. B. J.*, Histoire de l'astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1821, p. 643-662.

1833. **Lansberg[ius], J.** Apologia pro commentationibus Ph. Lansbergii in motum Terrae, diurnum et annuum, adversus Fromondum et Morinum; 4°, Middelburgi, 1633.

Réponse claire et serrée à l'Ant-Aristarchus de *Fromond* et à la Problematis solutio de *Morin*.

1834. **Wilkins, J.** Discovery of a new world, or a discourse tending to prove that it is probable there may be another habitable world in the Moon; 4°, London, 1638. — Réimpr., 12°, London, 1684.

Traduction.

Le monde dans la Lune (par *De la Montagne*); 8°, Rouen, 1655. — Réimpr., 8°, Paris, 1661.

Ouvrage de propagande copernicienne, qui a soulevé la question en Angleterre. On peut en rapprocher la publication anonyme attribuée au même auteur : Discourse concerning a new planet, tending to prove that 'tis probable our Earth is one of the planets; 8°, London, 1640.

1835. **Bullialdus, I.** Aristarchus redivivus; 4°, Amstelodami, 1638.

1836. **Bullialdus, I.** Philolaus, sive dissertatio de vero systemate mundi; 4°, Amstelodami, 1639.

Des exemplaires portent 1638. Ce livre, très-répandu en son temps, a exercé une très-grande influence, et soulevé de violentes colères.

1837. **Cartesius [Descartes], R.** Principia philosophiae, 4°, Amstelodami, 1644; part. III, n°s 26-34.

1838. **Herigonus, P.** Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Pariis, 1644; tom. V, theoric., lib. II.

1839. **Bullialdus, I.** Astronomia philolaica, fol., Parisiis, 1645; lib. I.

L'auteur y résume magistralement les arguments qu'il a présentés dans ses publications précédentes.

1840. **Gassendus [Gassendi], P.** Institutio astronomica, 8°, Parisiis, 1647; lib. III. Voir pour les réimpressions notre § 63, n°s 684 et 685. Se trouve aussi dans les deux éditions des Opera de *Gassendi*, au tom. IV.

1841. **Hevel[ius], J.** Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647; cap. V et VII.

1842. **Lipstorp, D.** Copernicus redivivus, seu de vero mundi systemate liber singularis; 4°, Lugduni Batavorum, 1653.

Impression d'Elzevier. Ce traité est souvent joint aux « Specimina philosophiae » du même auteur, imprimés à Leyde la même année. Cet ouvrage est un de ceux qui ont le plus contribué à répandre le système de Copernic en Allemagne.

1843. **Wilkins, J.** Copernicus defended, or demonstration that the Moon is a world and the Earth a planet; 2 vol. 4°, London, 1660.

Traduction.

Vertheidigter Copernicus, oder Beweiss, dass der Mond eine Welt, die Erde ein Planet seye; 4°. Leipzig, 1713.

C'est, en deux parties, une nouvelle édition de sa Discovery of a new world et du Discourse concerning a new planet. L'ouvrage est reproduit dans les Mathematical and philosophical works de *J. Wilkins,* dont il y a deux éditions, savoir : une en 3 vol. 8°, London, 1708, et une en 2 vol. 8°, London, 1802.

Le Copernicus de *Wilkins* fut l'un des livres qui, en Angleterre, exercèrent l'action la plus marquée pour faire admettre le mouvement de la Terre. Il n'y a, selon l'auteur, aucune raison tirée des paroles de la Bible, des principes de la nature ou des observations astronomiques, qui prouve l'impossibilité de ce mouvement.

1844. **Borelli, G. A.** Riflessioni sulle pretese dimostrazione del P. G. B. Riccioli contra il sistema copernicano, [1670?]. Atti e memorie inedite dell' Accademia del Cimento, 4 vol. 4°, Firenze; vol. IV, 1780, p. 791.

1845. **Zimmermann, J. J.** Scriptura sacra copernizans, seu potius Astronomia copernico-scripturaria bipartita, oder Astronomische Beweisthum des copernicanischen Weltgebäudes aus den heiligen Schriften; 4°, Francofurti ad Menum, 1690. — Réimpr., 8°, Hamburgi, 1704; 8°, Hamburgi, 1709.

Tentative de montrer que la Bible, loin d'être contraire au mouvement de la Terre, est favorable à ce mouvement.

1846. **Horrebow, P.** Copernicus triumphans, seu de parallaxi orbis annui; 8°, Hafniae, 1721.

Traduction.

De zegepralende Copernicus, of eene verhandelinge over het verschilzigt des jaarlijkschen loopkrings (par *J. Lulofs*); 8°, Zutphen, 1741.

1847. **Melanderhjelm, D.** An et quousque systema mundanum manum Dei emendatricem aliquando sit desideraturum; 4°, Upsaliae, 1772.

Cet ouvrage d'un astronome distingué n'est pas dans la Bibliographie de *Lalande.*

1848. **Capaun-Karlowa, G. G.** Die Erde steht nicht fest; 8°, Wesel, 1854.

Réponse à « Die Erde steht fest » de *Schöpffer.* Voyez Unt, VIII, 1854, 80.

1849. **Scharff, ...** Die Sonne im Mittelpunkte der Planetenbahnen, hervorgehend aus gegenseitiger Verbindung der Lehren von Kopernikus, Keppler und Newton, für Freunde der Wahrheit; 8°, Berlin, 1857.

§ 146. LITTÉRATURE ANTI-COPERNICIENNE.

Nous allons maintenant passer aux opposants de *Copernic*. Nous citerons d'une part les attaques que les hommes les plus considérables ont insérées dans leurs ouvrages, et d'autre part les livres les plus importants, ou les plus curieux, destinés spécialement à combattre les idées coperniciennes.

Nous suivons l'ordre chronologique.

1850. **Clavius, C.** Commentarius in sphaeram Joannis a Sacro-Bosco, 4°, Romae, 1578; souvent réimprimé, voir notre n° 658, § 62. Le passage relatif au système du monde est dans le lib. I.

1851. **Brahaeus, T.** Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596, (nouveau titre, Norimbergae, 1610); p. 129, 147, 149, 157, 166, 185, 188.

Brahe, Opa, lib. I, 1602, cap. 7; lib. II, 1606, cap. 8.

1852. **Lipsius, J.** Physiologia stoicorum, 4°, Antuerpiae, 1604; lib. II, dissert. 19.

1853. **Lagalla, J. C.** De phaenomenis in orbe Lunae, 4°, Venetiis, 1612; cap. 7.

1854. **Scheiner, C.** Disquisitiones mathematicae de controversis et novitatibus astronomicis, 4°, Ingolstadii, 1614; n° 13.

1855. **Longomontanus, C. S.** Astronomia danica, fol., Amsterodami, 1622; theorica, lib. I. cap. 1.

1856. **Mersennus, M.** Quaestiones celeberrimae in Genesim, fol., Parisiis, 1623; cap. 1.

1857. **Havemann, M.** Astraea, in qua de hypothesibus astronomicis disseritur, coelestis globus probe explicatur, adparentiae coelestes jucunde demonstrantur; 8°, Rostochii, 1624. — Réimpr., 4°, Francofurti, 1650; 4°, Stadae, 1684.

Les deux dernières éditions ont pour titre: *Astraea, sive epitome sideralis scientiae, in qua etc.* Dans cet ouvrage, il ne s'agit encore que de discuter la question physique.

1858. **Morin[us], J. B.** Famosi et antiqui problematis de Telluris motu vel quiete hactenus optata solutio; 4°, Parisiis, 1631.

L'auteur combat le système de Copernic avec une assurance suprême. Il y a, à la Bibliothèque Nationale de Florence, un exemplaire de cet ouvrage qui porte des notes manuscrites attribuées à *Galilée* (**BdB, VI, 1873, 47**).

1859. **Fromond[us], L.** Ant-Aristarchus, sive orbis Terrae immobilis, liber quo decretum S. congregationis S. R. E. cardinalium 20 febr 1616 adversus pythagorico-copernicanos editum, defenditur; 4°, Antuerpiae, 1631.

Imprimé par Plantin. C'est une des pièces importantes dans le débat entre l'Église romaine et les coperniciens. L'auteur y défend le décret de 1616 rendu par le Saint-Office contre le système de Copernic.

1860. **Borrus [Borri], C.** Collecta astronomica ex doctrina : de tribus coelis, aereo, sydereo, empyreo; 4°, Ulysipone, 1631.

C'est un des livres anti-coperniciens les plus curieux. L'auteur est le missionnaire qui a donné la première description de la Cochinchine.

1861. **Claramontius [Chiaramonti], S.** Difesa al suo Antitichone, e libro delle tre nuove stelle, d'alle opposizioni dell' autore de' due massimi systemi, tolemaico e copernicano; 4°, Firenze, 1633.

Traduction.

Defensio altera Anti-Tychonis italici; 4°, Venetiis, 1633.

L'auteur avait fait paraître, en 1621, un ouvrage intitulé « Antitycho, » suivi en 1626 d'une « Apologia pro Antitychone, » où il soutenait l'opinion que les comètes sont des météores. Dans cette nouvelle défense, qui forme un livre de 344 pages, il passe à l'examen du Dialogue de *Galilée*, qu'il combat par l'autorité d'*Aristote*.

1862. **Rocco, A.** Esercitazioni filosofiche, le quali versano in considerare le posizioni e obbiezioni, che si contengono nel Dialogo del Galileo contro la dottrina d'Aristotile; 4°, Venezia, 1633.

Il y a sur cette attaque des notes de *Galilée*, publiées pour la première fois dans le tom. III de l'édition 4° de Florence de ses Opere, et reproduites dans le tom. II de la dernière édition 8°. Les Esercitazioni dont se compose l'ouvrage sont au nombre de huit.

1863. **Delle Colombe, L.** Discorso contro il moto della Terra.

Imprimé dans les Opere de Galilée de Florence 8°, t. II, 1843, p. 337. Suivi de remarques jusque-là inédites de *Galilée* [date incertaine.]

1864. **Fromond[us], L.** Vesta, seu Ant-Aristarchi vindex, adversus Jac. Lansbergium; 4°, Antuerpiae, 1634.

Des presses de Plantin. *Lalande* (Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 204) divise à tort ce titre pour en faire deux ouvrages.

1865. **Morin[us], J. B.** Responsio pro Telluris quiete ad J. Lansbergii Apologiam pro Telluris motu; 4°, Parisiis, 1634.

1866. [Morinus, J. B.]. J. B. Morinus ab I. Bullialdi convitiis iniquissimis juste vindicatus; 4°, Parisiis, [1659?].

La date n'est pas marquée. L'année 1659 est indiquée avec doute par *O. Struve* (Librorum in bibliotheca speculae pulcovensis contentorum catalogus systematicus, 8°, Petropoli, 1860; p. 524). C'est une réponse au Philolaus de *Boulliau*.

1867. Kircher[us], A. Magnes sive de arte magnetica; 4°, Romae, 1640. — Réimpr., 4°, Coloniae Agrippinae, 1644; fol., Romae, 1654. — Voir lib. III, part. j, cap. 1.

1868. Morin[us], J. B. Tycho Brahaeus in Philolaum pro Telluris quiete, ubi tum de corporum gravium descensu, tum de motu naturali et violento, nova traduntur; 8°, Parisiis, 1642.

Réponse plus complète à Boulliau. *Albèri*, dans son édition des Opere de Galilée, tom. II, p. XIX, attribue à tort à cette publication le format 4°.

1869. Morin[us], J. B. Alae Telluris fractae, cum physica demonstratione, quod opinio copernicana de Telluris motu sit falsa; 4°, Parisiis, 1643.

Livre célèbre, qui a eu un certain éclat à l'époque de son apparition. L'auteur y combat surtout Gassendi et les raisons tirées des lois du mouvement.

1870. Claramontius [Chiaramonti], S. Antiphilolaus, in quo Philolao redivivo de motu Terrae et Solis ac fixarum quiete repugnatur; 4°, Caesenae, 1643.

Cet auteur s'attaque surtout à *Galilée* et à *Boulliau*.

1871. Deusing[ius], A. Dissertatio mathematica de vero systemate mundi, quo Copernici systema reformatur, sublatis interim infinitis pene orbibus, quibus in systemate ptolemaico humana mens distrahitur; 4°, Amstelodami, 1643.

Il admet la rotation diurne de la Terre, mais pour le reste il adopte le système de Tycho Brahé. Cet ouvrage est analysé par *Delambre,* Histoire de l'Astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris; t. II, 1821, p. 144-146.

1872. Scheiner, C. Prodromus pro Sole mobili et Terra stabili contra Galilaeum de Galileis; fol., Pragae, 1651.

Ouvrage posthume de Scheiner.

1873. *** Argomento fisico-matematico del P. G.-B. Riccioli contro il moto diurno della Terra, confermato di nuovo; 4°, Bologna, 1668.

Écrit sous l'inspiration de Riccioli.

1874. *** Apologia R. P. J.-B. Riccioli pro argumento physico-mathematico contra systema copernicanum; 4°, Venetiis, 1669.

1875. **Tacquet, A.** Tractatus de hypothesi Terrae motae.

Ce traité forme le livre VIII de l'ouvrage de cet auteur, Astronomia methodo scientifica a fundamentis explicata ac demonstrata, inséré dans le tom. I de ses Opera mathematica, 2 tom. en 1 vol. fol., Antuerpiae, 1669-1707. (Quelques exemplaires portent Lovanii, 1668.)

Tacquet fait voir que la plupart des objections de *Riccioli* contre le mouvement de la Terre ne sont que des paralogismes, et cependant il conclut à rejeter ce mouvement.

1876. **Bianchini, F. & Rocca, I.** Dialogo-fisico-astronomico contro il sistema copernicano; 4°, Bologna, 1680.

1877. **De la Jonchère, E. Lécuyer.** Démonstration de l'immobilité de la Terre; 8°, Paris, 1729.

Traduction.

Demonstration that the Earth does not move (par *Morgan*); 8°, London, 1729.

1878. **Siegesbeck, J. G.** De systemate copernicani ob vacillantia nimis fundamenta mox imminente ruina; 4°, Helmstadii, 1731.

Des exemplaires portent la date de 1732.

1879. **Müller, N.** De indubio Solis motu immotaque Telluris quiete; 2 part. 4°, Gryphiswaldiae, 1743.

1880. *** Jesuitarum patrum Sol stans et Sol retrogradus dissertationes; 2 cahiers 4°, Romae, 1754-1756.

1881. **Bamfield, S. A.** A new treatise of astronomy wherein reasons will be offered, to shew that the present-received system cannot possibly be the true one; 4°, London, 1764.

1882. [**Pino, D.**] Esame del newtoniano sistema intorno al moto della Terra; 3 vol. 8°, Como, 1802.

Dans le tom. I, l'auteur combat l'attraction, qu'il espère voir bientôt passer de mode; dans le tom. II, il présente des raisons physiques contre le mouvement de la Terre; dans le tom. III, il apporte en confirmation des passages de la Bible et des Pères de l'Église romaine.

1883. **Mercier, L. S.** De l'impossibilité du système astronomique de Copernic et de Newton; 8°, Paris, 1806.

1884. **Schöpffer, C.** Die Erde steht fest; 8°, Berlin, 1853.

1885. **Schöpffer, C.** Die Bewegung der Himmelskörper, neue und unwiderlegliche Beweise dass unsere Erde im Mittelpunkte des Weltalls steht; 8°, Braunschweig, 1854.

Voyez sur ces deux ouvrages : **Unt, VIII, 1854, 72.**

1886. **Cuyas, F. C.** Unidad del universo; primer systema astronómico de la traslacion del Sol y de las estrellas, y essayo fisiológico-moral de la regeneracion de la especie humana; 8°, Habaña, 1874.

1887. **Monnier, H.** Négation de la rotation de la Terre; 4°, Montereau, 1877.

1888. **Eischner, A.** Sta, Sol, ne moveare; 2 fasc. 8°, Leipzig, 1881-1882.

En allemand. Dernière production parue de ce genre de littérature.

A cette liste, déjà très-longue, on pourrait ajouter trois ou quatre fois autant d'ouvrages, moins importants ou moins connus, surtout si l'on y comprenait ceux qui traitent la question au point de vue exclusif ou à peu près exclusif de la théologie. On remarquera que plus de trois siècles d'examen, et plus de cent années d'une controverse très-active, n'ont pas suffi pour affaiblir l'ardeur des négateurs. On remarquera surtout l'assurance avec laquelle s'expriment les adversaires du mouvement de la Terre. Cette assurance se traduit jusque dans les titres de leurs ouvrages, qui annoncent pour la plupart, non pas la discussion, mais l'assertion de main haute. Ce langage contraste d'une manière curieuse avec l'allure calme et réfléchie des écrits, dans lesquels l'opinion contraire est défendue.

Il n'est peut-être pas absolument sans intérêt de mentionner brièvement les passages des livres hébreux qui ont été invoqués contre le mouvement de la Terre :

Josuah, x, 13; Psalmi, xcii, 1; ciii, 5; Eclesiasticus, i, 5; Isaias, xxxviii, 8; Judices, v, 20; Esdras, III, iv, 34.

Il existe un travail de *T. H. Martin* sur la littérature anti-copernicienne :

1889. **Martin, T. H.** Ouvrages publiés contre le système de Copernic depuis 1631 jusqu'à 1668.

Dans son Galilée, 8°, Paris, 1868; p. 386.

§ 147. MOUVEMENTS DES PLANÈTES.

La première conception, la plus simple de toutes, était de supposer les mouvements circulaires et uniformes. C'était celle d'où partaient les disciples de Pythagore (*Geminus,* Isagoge in phaenomena [G], p. 2), mais elle ne pouvait pas subsister longtemps, en présence des observations.

Pour expliquer les inégalités, on eut recours à deux hypothèses principales. La première était celle des excentriques, à laquelle les Pythagoriciens furent bientôt conduits, pour expliquer les phénomènes sans se départir de leur principe fondamental (*Simplicius,* Scholia in Aristotelis de coelo et mundo, lib. II); le célèbre *Hipparque* l'avait adoptée (**Ptolemaeus, MCo, lib. II, cap. 2 et 4**). La seconde était celle des épicycles, imaginée beaucoup plus tard par *Apollonius* de Perge (ibid, lib. XII, cap. 1). Pour les calculs dans les deux théories des épicycles et des excentriques, on peut voir les mémoires cités plus haut, § 53, sous les nº 381 et 382.

Nous avons rapporté au Chap. IV, § 91, p. 216, les progrès successifs, par lesquels on est arrivé à déterminer les lois du mouvement héliocentrique des planètes.

Après la découverte du véritable système du monde, on devait naturellement être frappé du fait que les révolutions de toutes les planètes s'accomplissent dans un seul et même sens. On ignorait alors que ces corps étaient également animés d'un mouvement de rotation. L'idée de ce mouvement devait cependant se présenter aux esprits inducteurs.

Ainsi *Képler,* en partant de conceptions systématiques, croyait que toutes les planètes tournent sur elles-mêmes; mais il se figurait que toutes ces rotations s'exécutent dans la même durée (**Keplerus, Epi, fasc. II, 1620, p. 549.** — Reproduit : **Keplerus, Opa, VI, 1866, 546**).

Au reste on avait commencé par supposer au Soleil une rotation. C'est ce qu'avaient fait Jordano *Bruno* (Del' infinito, universo e mondi, 8°, Venezia [London], 1584), puis, quelque temps après, *Képler* lui-même (*Keplerus, J.,* Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; introd., p. 9. — Reproduit : **Keplerus, Opa, III, 1860, 156**).

On peut trouver entre les révolutions des différentes planètes diverses combinaisons, qui ramènent ces astres, dans certaines limites d'approximation, aux mêmes situations relatives. Toutefois, pour reproduire des conjonctions géocentriques, il faut en même temps que les périodes soient un multiple de l'année.

Dans ces conditions, on ne connaît qu'une seule période de quelque simplicité, qui s'applique à plus de deux planètes. Mars, Jupiter et Saturne reviennent à peu près au même point du ciel, au bout de 159 ans, ainsi que l'a fait remarquer

1890. **Cassini, J.** De la conjonction de Mars avec Saturne et Jupiter. **Paris, H et M, 1745, 518.**

Il y a entre les moyens mouvements des quatre planètes extérieures, qui sont les quatre planètes massives, une relation qui a été signalée par

1891. **Peirce, B.** On the mean motion of the four outer planets. **AJS$_3$, III, 1872, 67.**

Cette relation est exprimée par l'équation suivante, dans laquelle le moyen mouvement de chaque planète est désigné par le signe même de cette planète :

$$2 ♆ + 17 ♅ + 6 ♃ = 12 ♄.$$

Voyez en outre :

1892. **Kirkwood, D.** On some remarkable relations between the mean motions of the primary planets. **ANn, LXXXVIII, 1876, 77.**

§ 148. MILIEU RÉSISTANT.

Cheseaux exprima le premier l'idée que l'espace céleste n'est pas parfaitement transparent, mais que la lumière subit, au contraire, par l'effet des matières qu'elle traverse, une certaine extinction, dans le parcours des immenses trajets qu'elle y exécute (*Cheseaux, L. de,* Traité de la comète qui a paru en 1743 et 1744, 8°, Lausanne & Genève, 1744; p. 223).

Euler essaya d'apprécier les effets de la résistance du milieu sur la circulation des planètes :

1893. **Euler, L.** Part of a letter concerning the gradual approach of the Earth to the Sun. **London, PTr, 1749, 203.**

La question fut traitée, avec des détails intéressants, par

1894. **Bossut, C.** Sur les altérations que la résistance de l'éther peut produire dans les mouvements moyens des planètes [1762]. **Paris, Rec, VIII, 1771, n° 7.**

L'auteur montre, dans ce mémoire, que la résistance d'un milieu serait beaucoup plus sensible sur le moyen mouvement de la Lune que sur celui des planètes. Il se demande si tel n'est pas le motif de l'accélération séculaire de la Lune, dont la véritable cause était alors inconnue.

La question en demeura quelque temps à ce point. Mais à peine la périodicité de la comète découverte par *Pons* le 26 novembre 1818, venait-elle d'être établie, que *Encke* crut remarquer une diminution progressive de la période de cet astre, et il l'attribua à l'action d'un milieu résistant (**BaJ, 1822, 200**). Les retours suivants de cette comète à son périphélie le confirmèrent plus tard dans cette opinion (**ANn, IX, 1831, 331**).

La résistance du milieu a été exprimée dans différentes lois de densité par

1895. **Plana, J.** Intégration des formules propres à déterminer les équations séculaires des éléments des planètes et des comètes produites par la résistance d'un milieu très-rare. **Cas, XIII, 1825, 341, 399.**

Et par

1896. **Mossotti, O. F.** On the variation in the mean motion of the comet of Encke, produced by the resistence of an ether. **London, MAS, II, 1826, 55.**

Traduit du français sur le manuscrit.

Encke a exposé (ANn, IX, 1831, 333) les formules qu'il employait pour calculer la résistance opposée au mouvement de la comète qui porte son nom, par le milieu qu'il suppose répandu dans l'espace céleste.

Des formules destinées au même objet ont été données par

1897. **Hansen, P. A.** De perturbationibus quarum fluidum resistens causa est. **ANn, XII, 1835, 321.**

Jusqu'ici aucune autre comète périodique que celle de Encke n'a mis le même fait en évidence. *Möller* avait cru voir une accélération analogue dans la comète de Faye (ANn, LIV, 1861, 361), et *Encke* avait adopté cette opinion (BaJ, 1864, 404). Mais d'après les dernières recherches de *Möller*, les perturbations produites par Jupiter seraient suffisantes pour rendre compte des petites différences dans le temps périodique (Leipzig, Vjh, VII, 1872, 94).

Sur la densité du milieu dans lequel se meuvent les corps du système solaire, on peut voir

1898. **Harkness, W.** On the density of the hypothetical resisting medium im space. **Washington, Obs_2, 1870, append. II, 33.**

Mais le travail le plus considérable et le plus concluant, qui ait été exécuté jusqu'ici sur les effets du milieu résistant, est celui de

1899. **Asten, F. E. von.** Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. **Saint-Petersbourg, Mem, XXVI, 1878, n° 2.**

Voyez en outre, du même auteur :

1900. **Asten, F. E. von.** Ueber die Existenz eines widerstehenden Mittels im Weltraume. **Saint-Pétersbourg, Bul_3, XX, 1875, 187, 340.**

§ 149. TEMPÉRATURE DE L'ESPACE.

On est loin d'être fixé sur la température des espaces planétaires. Les évaluations les plus discordantes ont été présentées par des physiciens également autorisés. Nous allons nous contenter de renvoyer aux principaux travaux relatifs à cette question.

1901. Fourier, J. Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. Paris, Mém$_2$, VII, 1827, 570.

1902. Svanberg, J. Recherches sur la température de l'espace planétaire. Bun$_1$, XLIII, 1830, 367.

1903. Poisson, S. D. Mémoire sur les températures de la partie solide du globe, de l'atmosphère, et du lieu de l'espace où la Terre se trouve actuellement. Paris, Crh, IV, 1837, 137.

1904. Pouillet, C. S. M. Sur la chaleur du Soleil, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'atmosphère et sur la température de l'espace. Paris, Crh, VI, 1838, 848, 889.

1905. Liais, E. Recherches sur la température de l'espace planétaire. Mémoires de la Société des sciences naturelles de Cherbourg, 8°, Cherbourg; t. I, 1852, p. 248.

Comparez du même auteur : L'espace céleste, 8°, Paris, [1866]; p. 573.

1906. Melsens, L. Rapport [sur la cinquième question du concours de 1872]. Bruxelles, Bul$_2$, XXXIV, 1872, 561.

1907. Fröhlich, J. Ueber die Wärme des Himmels, die Temperatur des Weltraums und die mittlere Temperatur der Atmosphäre Repertorium für Meteorologie, redigirt von *H. Wild*, 4°, St.-Petersburg; vol. VI, Abth. I, 1878, p. 1.

§ 150. LOIS DISTRIBUTIVES.

Une fois les planètes rangées autour du Soleil, on fut amené à considérer l'espacement mutuel de leurs orbites. Les distances augmentaient rapidement quand on arrivait aux planètes les plus extérieures. *Képler* avança qu'il y avait un saut brusque, une sorte de lacune, entre Mars et Jupiter, et aussi, ajoutait-il, entre Mercure et Vénus (*Keplerus,* Prodromus dissertationum cosmographicarum, 4°, Tubingae, 1596; p. 7. — Reproduit : Keplerus, Opa, I, 1858, 107). Il y a, dit-il, une certaine

régularité dans les distances moyennes des planètes au Soleil, une sorte de loi distributive (*Keplerus*, Harmonice mundi, fol., Lincii Austriae, 1619; lib. v, cap. 3. — Reproduit : Keplerus, Opa, V, 1864, 274).

La loi des distances reçut de *Titius* une expression définie. En publiant, en 1766, une édition allemande des « Contemplations de la nature » de *Bonnet*, il intercala sa loi nouvelle, sans en avertir. Mais dans la seconde édition, six ans plus tard, il la rejeta dans une note, et la signa de son initiale, T. Voyez *Bonnets* Betrachtung über die Natur, deutsch übersetzt von *J. D. Tietz* [*Titius*], 2te Aufl., 8°, Leipzig, 1772; p. 7.

Cette loi empirique fut alors reprise et mise en vogue par *Bode* (Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels, 2e édit., 8°, Hamburg, 1772; p. 462), et c'est de là qu'elle est passée dans les ouvrages de vulgarisation.

On trouvera de nombreux rapprochements relatifs à la constitution du système solaire dans :

1908. Alexander, S. Statement and exposition of certain harmonics of the solar system. Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XXI, 1875, n° 1.

Et dans :

1909. Carruthers, G. T. New solar elements; 8°, Nagpur, 1879.

L'auteur de ce dernier travail croit pouvoir établir diverses relations entre les diamètres, les masses, les temps de révolution, ceux de rotation, etc., des corps du système solaire.

Gaussin, dans le mémoire dont le titre suit, a essayé de représenter les distances des planètes au Soleil, et celles des satellites à leur planète, par des formules exponentielles :

1910. Gaussin, L. Lois concernant la distribution des astres du système solaire. Paris, Crh, XC, 1880, 518, 593.

Voyez encore :

H —, J. Die Anordnung der Gestirne im Sonnensystem. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XIII, 1880, p. 186.

Cet article avait paru d'abord dans Arendts Rundschau für Geographie. L'auteur y traite de l'espacement des orbites, dans les différents systèmes de satellites.

En ce qui touche la rotation des planètes, on consultera

1911. **Kirkwood, D.** On a new analogy in the periods of rotation of the primary planets. Proceedings of the American Association for the advancement of science, 8°, Washington; année 1849, p. 207.

1912. **Schubert, E.** On the rotation of the planets upon their axes. **AJ, VI, 1861, 95.**

L'auteur croit les durées de rotation dans le rapport inverse des racines carrées des grands axes des orbites.

§ 151. SYSTÈMES DES SATELLITES.

Les systèmes de satellites sont des miniatures du système planétaire. Les mêmes lois y président aux mouvements. Toutefois cette circonstance ne fut reconnue d'une manière explicite qu'au bout d'un certain temps. Ainsi ce ne fut qu'en 1643, que *Wendelin* communiqua à *Riccioli* la remarque que les révolutions et les distances des satellites de Jupiter sont entre elles dans le rapport exigé par la troisième loi de Kepler (**Ricciolus, Ara, 1665, 371**). Ces satellites étaient alors découverts depuis plus de trente ans.

Pour le système de Saturne, ce fut en 1684 que *J. D. Cassini* fit la même remarque (**Paris, His, I, 1733, 417**). Il venait, à ce moment, de découvrir deux nouveaux membres de ce système; mais il y avait alors douze ans que l'on connaissait à Saturne trois satellites.

On admet aujourd'hui, par analogie, que les lois de Képler s'étendent au système d'Uranus, mais on n'a pas fait de ce sujet une étude spéciale.

Un caractère particulier aux systèmes de satellites, c'est que la rotation des corps qui les composent s'exécute dans le même temps que leur révolution. On verra aux chap. XVII et XVIII, sur quelles observations on peut se fonder pour établir ce caractère. Le premier auteur qui ait regardé ce trait comme un fait général, a été *Hartsoeker* (Conjectures physiques, 4°, Amsterdam, 1706; p. 20).

§ 152. PLURALITÉ DES MONDES.

L'idée de la pluralité des mondes se trouvait déjà dans les orphiques, très-anciennes poésies grecques qu'on attribuait à Orphée (*Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 13). Les pythagoriciens la partageaient (*Aristoteles,* De cœlo [G], lib. II, cap. 13). Les nombreuses sources auxquelles on peut recourir pour suivre, à travers l'histoire, la trace de cette induction, ont été rassemblées par deux auteurs, auxquels nous renvoyons :

Fabricius, J. A., BGr, lib. I, cap. 20; édit. 1708, t. I, p. 131.

1913. **Bonamy, P. N.** Sentiments des anciens philosophes sur la pluralité des mondes. **Paris, Ins, IX, 1736, 1.**

Dans la liste formée par ces érudits, on trouve successivement les noms d'Anaximandre, Aristarque, Démocrite, Épicure, Métrodore, Zénon, Platon, Plutarque, parmi les anciens, et ceux de Cusa, Bruno, Tycho Brahé, Gilbert, Campanella, Descartes, Képler, Galilée, David Fabricius, parmi les modernes.

C'était surtout à la Lune qu'on avait songé, et la plupart des auteurs anciens qui ont parlé de la pluralité des mondes, avaient surtout en vue notre satellite. Dans les temps modernes, *Hevelius* (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647; p. 294) a créé le mot « selenitae, » sélénites, pour désigner les habitants de la Lune.

Les principaux ouvrages où l'on traite de la pluralité des mondes sont :

1914. **Keplerus, J.** Somnium, seu opus posthumum de astronomia lunari; 4°, Sagani Silesiae & Francofurti, 1634. — Reproduit : **Keplerus, Opa, VIII, 1870, 21.**

L'auteur cherche à se représenter les phénomènes astronomiques tels qu'ils seraient vus de la Lune. C'est la première fois qu'on a supposé l'observateur placé ailleurs que sur la Terre.

1915. **Fontenelle, B. L. de.** Entretiens sur la pluralité des mondes; 12°, Paris, 1686. Indépendamment des réimpressions dans les œuvres de l'auteur, celles qui ont été faites séparément sont très-nombreuses. Il y en a encore eu une à Paris, 12°, 1831 ; une autre, 12°, Paris, 1841, à la suite de l'Astronomie des dames de *Lalande;* enfin une autre encore formant la 2e livr. de la Bibliothèque de la famille, 12°, Paris et Lyon, 1852.

Traductions.

Conversations on the plurality of worlds (par *Mrs. A. Behn*); 8°, London, 1705. — Il existe d'autres éditions anglaises, par d'autres traducteurs.

Gespraeche von mehr als einer Welt (par *C. Gottsched*); 8°, Leipzig, 1726. — Souvent réimprimé.

Samtal om flere werldar (par *J. Wallén*); 8°, Stockholm, s. d.

Samtaler om meer end een verden immellem et fruentimmer ogen laerd mand ; 8°, Kjobenhavn, 1748. — Réimp. 1764.

Tratteminenti sulla pluralità de' mondi (par *P. Vestrini*); 12°, Arezzo, 1751. — Réimpr., 12°, Napoli, 1842.

Rosmowy o wielósci swiatów (par *E. Debicky*); 8°, Warszowii, 1765.

Dialogen über die Mehrheit der Welten; 8°, Berlin, 1777. Nouvelle traduction allemande, annotée par *J. E. Bode.* Il y a des réimpressions : 4e édit., 1823.

Il y a aussi une traduction en grec moderne, par *T. Kodrika,* imprimée 8°, à Vienne, en 1794.

On a quelque peine à s'expliquer aujourd'hui la réputation de ce livre longtemps célèbre, qui n'offre à l'astronome qu'une lecture à peu près sans fruit.

1916. **Hugenius [Huygens], C.** Cosmotheoros, sive de terris cœlestibus earumque ornatu conjecturae; 4°, Hagae Comitum, 1699; 8°, Lauenburgi, 1704. — Reproduit dans ses Opera varia, vol. II, p. 641 (édit. 1724).

Traductions.

The celestial worlds discovered, or conjectures concerning the inhabitants, plants, and productions of the worlds in the planets; 12°, London, 1698.

De wereld-beschouwer, of gissingen over de hemelsche aardklooten (par *Rabus*); 8°, Rotterdam, 1699. — Réimprimé plusieurs fois.

Traité de la pluralité des mondes; 12°, Paris, 1702. — Réimpr., 12°, La Haie, 1724.

Cosmotheoros oder weltbetruchtende Muthmassungen von denen himmlichen Erdkugeln; 4°, Leipzig, 1703.

1917. **Plisson, F. C.** Les mondes, ou essai philosophique sur les conditions d'existence des êtres organisés dans notre système planétaire; 12°, Paris, 1842.

Traduction.

Die Sterne als bewohnbare und unbewohnte Welten; 8°, Grimma, 1851.

1918. **[Whewell, W.]** Of the plurality of worlds, an essay; 12°, London, 1853. — 5me édit., 1859.

1919. **Brewster, D.** More worlds than one; 8°, London, 1855.

Cet ouvrage a eu en peu de temps un immense tirage; en 1858 il en était au 8me millier.

1920. **Liagre, J. B.** Discours sur la pluralité des mondes. **Bruxelles, Bul$_3$, VIII, 1859, 383.**

1921. **Flammarion, C.** La pluralité des mondes habités, étude où l'on expose les conditions d'habitabilité des terres célestes, discutées au point de vue de l'Astronomie, de la physiologie et de la philosophie naturelle; 8°, Paris, 1863.— Un grand nombre d'éditions, 12° ou 18°, la 14me en 1869.

Traductions.

Die Mehrheit bewohnter Welten; 8°, Leipzig, 1865.

Bebodda verldar, eller vilkoven fôr himlakopparnas beboelighet; 8°; Stockholm, 1866. — Plusieurs éditions, la 4me en 1867.

1922. **Proctor, R. A.** Other worlds than ours, the plurality of worlds studied under the light of recent scientific researches; 8°, London, 1870. — 3me édit., 1878.

§ 153. COSMOGONIE.

Il y avait deux manières d'envisager l'état primitif du système solaire. Supposant invariable la condition de ce système, on pouvait se demander comment cette espèce d'horloge avait été mise en marche. Ou bien, partant de l'idée d'évolution, on pouvait rechercher par quelles phases le système a passé pour arriver à son état actuel.

C'est la première conception qui se présenta d'abord à la pensée des philosophes et des hommes de science. A la fin du VIe siècle, *Simplicius,* que certains érudits croient être le même que Jean *Philopon,* expliquait déjà les mouvements des corps célestes par une impulsion initiale, combinée avec la pesanteur (*Simplicius*, De creatione mundi [G], lib. I, cap. 12; Fabricius, BGr, éd. Harles, 1790, t. IX, p. 529).

Les essais de *Hooke,* en 1666, avec le pendule, partaient d'idées du même ordre (*Birch,* History of the Royal Society, 4 vol. 4°, London; vol. II, 1756, p. 90). Il s'agissait, en effet, de montrer comment on obtient le mouvement elliptique par la combinaison d'une force centripète et d'une première impulsion.

C'est encore dans l'hypothèse d'une mise en marche instantanée de tout le système planétaire, que se plaçait *Jean$_1$ Bernoulli,* lorsqu'il calculait en quel point d'un rayon de leur équateur, chacune des planètes aurait dû être frappée, pour qu'il en résultât le double mouvement de rotation et de révolution dont ces corps sont animés aujourd'hui (*Bernoulli, J$_1$.*, Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae & Genevae, 1742; vol. IV, p. 283). Voyez les remarques de *Hartwig* sur ce travail, ANn, XLI, 1855, 121.

L'idée d'évolution, appliquée au système du Soleil et de ses planètes, remonte à *Swedenborg.* C'est dans cet auteur qu'il est parlé pour la première fois, bien qu'un peu vaguement, de la séparation successive de diverses zones ou ceintures de la masse centrale. Voyez

1923. **Swedenborg, E.** De chao universali Solis et planetarum, deque separatione ejus in planetas et satellites.

Formant un chap. de ses Principia rerum naturalium, 1734; vol. II, part. III, p. 258-270 de l'édit. de Londres de 1845 en 2 vol. 8°.

On peut consulter, au sujet de ce curieux essai :

1924. Clissold, A. The divine order of the universe as interpreted by Emmanuel *Swedenborg*, with especial relation to modern Astronomy; 8°, London, 1878.

Et

1925. Nyrén, M. Ueber die von Emanuel Swedenborg aufgestellte Kosmogonie. Leipzig, Vjh, XIV, 1879, 80.

L'idée, du reste, ne demeura pas stérile, car elle fut bientôt reprise, d'une manière plus scientifique, par

1926. Wright, T. An original theory or new hypothesis of the universe; 4°, London, 1750.

Dans cet ouvrage, l'auteur représente les planètes comme se détachant du Soleil par anneaux successifs.

Nous passons sous silence la théorie de la Terre de *Buffon*, et toutes les hypothèses cosmogoniques plutôt géologiques qu'astronomiques. Nous renvoyons au chap. XXVI pour ce qui concerne la constitution générale de l'univers, et en particulier l'origine et l'évolution des nébuleuses. C'est là que nous rappellerons, entre autres travaux, ceux de *Kant* et de William *Herschel*.

A la fin du XVIII[e] siècle, on était arrivé à une époque où l'Astronomie avait pris un caractère essentiellement positif, et où les anciennes tentatives d'expliquer l'origine du système solaire étaient à peu près oubliées.

C'est alors que *Laplace* arriva de son côté à une conception fort analogue à celle de *Swedenborg*, et qui a reçu le nom « d'hypothèse nébulaire. » Lui-même n'y est parvenu que par degrés, car on peut suivre les développements croissants qu'il a donné à ses idées, dans les éditions successives de « l'Exposition du système du monde. » Il y en a cependant quelque chose dès la première édition, 1796. C'est dans la note VII, à la fin de l'ouvrage, que se trouvent exposées les vues de ce grand astronome et mathématicien. Cette note a été reproduite dans Paris, ABL, 1867, 434.

Voici les travaux postérieurs les plus intéressants, qui se rattachent directement à l'hypothèse nébulaire :

1927. Brewster, D. On the nebular hypothesis.

Formant le chap. VII de son ouvrage More worlds than one, mentionné § 152, sous le n° 1919. L'auteur présente diverses objections contre l'hypothèse nébulaire.

1928. Babinet, J. Note sur un point de la cosmogonie de Laplace. Paris, Crh, LII, 1861, 481.

Si le Soleil s'était étendu jusqu'à Neptune, dit *Babinet*, sa rotation eût été beaucoup trop lente (28 600 siècles) pour expliquer la vitesse de translation actuelle de la planète.

1929. **Proctor, R. A.** Laplace's nebular theory.

Dans son ouvrage : Saturn and its system, 8°, London, 1865; p. 201.

1930. **Zeuner, G.** La formation des corps célestes. Le Moniteur scientifique du chimiste et du manufacturier, 4°, Paris; t. XI, 1869, p. 513.

1931. **Roche, E.** Essai sur la constitution et l'origine du système solaire. Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires de la section des sciences, 4°, Montpellier; vol. VIII, 1875, p. 235.

L'auteur établit que la surface libre qui termine l'atmosphère d'une masse en rotation, présente, dans le plan de l'équateur, une arête saillante, par laquelle la matière s'écoule lorsque la vitesse de rotation augmente.

1932. **Abbe, C.** Nebular hypothesis; 1876.

Article inséré dans *Johnson's* Encyclopaedia, 8°, New York.

1933. **Ennis, J.** Physical and mathematical principles of the nebular theory; 8°, London, 1877.

Indépendamment des conditions générales, il y a différents points spéciaux qui ont fixé l'attention des astronomes. De ce nombre sont les inclinaisons des plans des orbites planétaires, soit entre eux, soit par rapport à l'équateur solaire, ainsi que l'origine des mouvements tant de rotation que de révolution.

Jacq. *Cassini* avait déjà aperçu qu'il y a un certain intérêt à considérer les mouvements des planètes par rapport à l'équateur du Soleil :

1934. **Cassini, J.** Sur l'inclinaison du plan de l'écliptique, et de l'orbite des planètes, par rapport à l'équateur de la révolution du Soleil autour de son axe. Paris, H & M, 1734, 107.

L'inclinaison des orbites des planètes sur l'équateur du Soleil va d'abord en augmentant, à partir de Mercure qui se meut sous 3° d'obliquité à cet équateur, et de Vénus pour laquelle on a le chiffre 4°, jusqu'aux planètes plus éloignées qui présentent les chiffres de 6° ou 7°, et même de 9°. Ces inclinaisons sont calculées dans *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. IX, 1840, p. 2078. Elles ont été de nouveau considérées par

1935. **Hennessy, J. P.** On the inclination of the planetary orbits. British Assoc, Rep, 1859, II, 34.

Nous allons reproduire, en ce qui concerne les grandes planètes, le tableau des inclinaisons des plans des orbites sur le plan de l'équateur du Soleil, d'après le *Gehler's* Wörterbuch (loc. cit.) *Hennessy* n'a pas donné toutes les valeurs numériques; nous lui empruntons seulement celle qui est relative à Neptune, planète encore inconnue à l'époque où la table du *Gehler* a été dressée :

Inclinaisons des orbites des grandes planètes sur le plan de l'équateur solaire.

Planètes.	Inclinaison.
Mercure	2° 54′
Vénus	4 9
Terre	7 30
Mars	5 50
Jupiter	6 24
Saturne	5 57
Uranus	6 44
Neptune	9 7

Les plus anciennes recherches sur la cause des inclinaisons sont celles de

1936 **Bernoulli, J_1.** Essai d'une nouvelle physique céleste, servant à expliquer les principaux phénomènes du ciel et en particulier la cause physique de l'inclinaison des orbites des planètes par rapport au plan de l'équateur du Soleil. [1734.] **Paris, Rec, III, 1741, n° 1**; suivi, dans le même volume, d'une version latine. — Reproduit : *Bernoulli, J_1.*, Opera omnia, 4 vol. 4°, Lausannae et Genevae, 1742; t. III, p. 261.

Et de

1937. **Bouguer, P.** Entretien sur la cause de l'inclinaison des orbites des planètes. [1734.] **Paris, Rec, III, 1741, n° 7.**

Ces recherches n'ont plus qu'une valeur historique. On consultera aujourd'hui :

1938. **Darwin, G. H.** The nebular hypothesis and the obliquity of the axes of planets to their orbits. **Obs, I, 1878, 13.**

L'obliquité de l'équateur sur l'orbite croît à mesure de la contraction. On s'explique ainsi pourquoi Jupiter, qui a ses satellites près de lui, n'a que peu d'obliquité, tandis que Saturne, dont certains satellites sont fort éloignés, en a une plus grande.

Le même auteur a considéré, dans plusieurs notices ou mémoires, l'histoire d'une planète au point de vue cosmogonique. Nous citerons, entre autres :

1939. **Darwin, G. H.** On the analytical expressions which give the history of a fluid planet of small viscosity, attended by a single satellite. **London, Pro, XXX, 1880, 255.**

1940. **Darwin, G. H.** On the tidal friction of a planet attended by several satellites, and on the evolution of the solar system. **London, PTr, 1881, 491.**

Sur la question de l'origine des mouvements, on lira avec intérêt :

1941. **Lagrange, C.** De l'origine et de l'établissement des mouvements astronomiques. **Bruxelles, Mcr, XLII, 1879, n° 2 et n° 3.**

Depuis que la théorie mécanique de la chaleur a été introduite dans la science, on a pu tirer de cette théorie des conséquences qui portent sur l'évolution du système solaire. Les principaux travaux qui envisagent cette évolution à ce point de vue sont :

1942. **Mayer, J. R.** Beiträge zur Dynamik des Himmels in populärer Darstellung; 8°, Heilbronn, 1848.

1943. **Thomson, W.** On the mechanical energies of the solar system; 4°, Edinburgh, 1854.

1944. **Helmholtz, H.** Ueber die Entstehung des Planeten-Systems; [Braunschweig], 1876.

1945. **Loschmidt, J.** Ueber den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines System von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft. **Wien, Stz, LXXIII, 1876, 128, 366; LXXV, 1877, 287; LXXVI, 1877, 209.**

L'auteur développe, dans cette série d'articles, les conséquences cosmiques de la théorie mathématique de la chaleur.

§ 154. TABLEAUX DU SYSTÈME SOLAIRE.

La description générale des corps qui composent le système planétaire, ainsi que les principaux éléments numériques qui s'y rapportent, font l'objet de nombreux ouvrages, dont nous allons indiquer les plus recommandables ou les plus curieux. Nous suivrons l'ordre chronologique.

Nous mentionnerons d'abord les tableaux du système solaire, dans lesquels les éléments numériques tiennent ou la plus grande place, ou du moins une place importante :

1946. **Kaldy, A.** Unser Sonnensystem, nach mathematischen, physischen und chemischen Grundsätzen; 8°, Wien, 1820. — Réimp., 1825.

1947. **Baily, F.** Astronomical tables and formulae..., to which are prefixed the elements of the solar system; 8°, London, 1727. — Réimpr., 8°, London, 1829.

1948. **Gruithuisen, F. v. P.** Tabellarische Astronomie des Sonnensystems; 8°, München, 1835.

1949. **Hind, J. R.** The solar system, a descriptive treatise upon the Sun, Moon, and planets, including an account of all the recent discoveries; 8°, London, 1851.

1950. **Mädler, J. H.** Das Planetensystem der Sonne; 8°, Leipzig, 1854.

1951. **Houzeau, J. C.** Répertoire des constantes de l'astronomie. Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles, 2e série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. I, 1878, n° 2.

1952. **Ball, R. S.** Elements of Astronomy; 12°, London, 1880.

Les ouvrages qui suivent sont presque entièrement consacrés à des descriptions physiques, générales ou partielles, du système solaire :

1953. **Gelpke, A. H. C.** Darstellung der Oberflächen der Weltkörper unseres Sonnengebietes, besonders der Erde, des Mondes, der Venus und des Merkur; 4°, Leipzig, 1811.

1954. **Dick, T.** Celestial scenery, or the wonders of the planetary system displayed; 8°, London, 1838. — Le 7me millier tiré en 1852.

Traduction.

Die Wunder des Himmels (par *F. Eichstrom*); 8°, Stuttgart, 1848. — Réimprimé en 1850 et en 1852.

1955. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Beiträge zur physischen Kenntniss der himmlischen Körper im Sonnensysteme; 4°, Weimar, 1841.

Traduction.

Fragments sur les corps célestes du système solaire (par les auteurs); 4°, Paris [Copenhague], 1840.

1956. **Dick, T.** The solar system; 18°, London, 1846. — Plusieurs éditions.

Traduction.

Y dosparth heulawg; 18°, London, 1846. — 2e édit., 1852.

1957. **Breen, J.** The planetary worlds; the topography and telescopic appearances of the Sun, planets, Moon, and comets; 8°, London, 1854.

1958. **Klein, H. J.** Das Sonnensystem nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft vom Standpunkte der kosmischen Weltanschauung dargestellt; 8°, Braunschweig, 1871.

1959. **Flammarion, C.** Les terres du ciel, description... des planètes qui gravitent avec la Terre autour du Soleil, et de l'état probable de la vie à leur surface; 8°, Paris, 1875. — 2e édit., 1877.

§ 155. TABLES GÉNÉRALES DES PLANÈTES.

Les plus anciennes tables des mouvements des astres, qui nous aient été transmises par l'antiquité classique, sont celles de *Ptolémée*, indiquées plus haut § 55, n° 470. Les éléments de ces mouvements sont discutés dans l'Almageste ou Composition mathématique, mentionnée même §, nos 450-453.

Les peuples de l'Inde avaient aussi déterminé ces éléments, comme on le voit aux chap. 1 et 2 du Sûrya-Siddhânta traduit par *Burgess* (voir notre n° 533, § 50). On place aujourd'hui cet ouvrage vers le IVe siècle. *Cantor* (Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, 8°, Leipzig; vol. I, 1880) le regarde comme positivement postérieur à *Ptolémée; Bentley* (A historical view of the hindu astronomy, 8°, London, 1825; p. 126) le plaçait vers 1091. Il s'appuyait en cela sur les valeurs mêmes des éléments; mais on sait combien il est difficile de tirer de nombres qui varient très-lentement, et qui sont toujours entachés d'erreurs, une conclusion touchant l'époque où les observations ont été faites.

Le Sûrya-Siddhânta a été revisé, dans la première moitié du XVIe siècle, et les éléments corrigés à cette époque sont connus sous le nom de Bija.

Les Arabes ont repris, de leur côté, la détermination des mouvements célestes, et les ont réduits en tables, malheureusement presque toutes encore manuscrites. Une énumération des tables arabes et persanes, qui en porte le nombre à 21, se trouve dans *Weidler* (Historia astronomiae, 4°, Wittenbergae, 1741; p. 220). Comparez *d'Herbelot* (Bibliothèque orientale, fol., Paris, 1697; p. 934). *Bailly* (Traité de l'astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 174) a extrait de quelques-unes de ces tables les principaux éléments des mouvements des planètes. On trouve à notre § 58 l'indication des plus célèbres, telles que celles d'*Ebn Iounis* (n° 549), de *Nassir-Eddin* (n° 561), de *Chrysococca* (n° 567), d'*Ulug-Beg* (n° 571).

Il est rendu compte de celles d'*Arzachel,* ainsi que de celles insérées dans un vieil « Almanak editum Oxoniae, » et se rapportant à l'année 1340, dans

1960. **Harris, R.** An account of some astronomical tables in the library of the Rev. C. Turnor. **London, MAS, XV, 1846, 179.**

On verra aussi :

1961. **Lee, Samuel.** Notice of the astronomical tables of Mohamed Abibeker al Farsi. **Cambridge, Tra, I, 1822, 249.**

Dans le moyen âge, et à la renaissance des lettres en Europe, chaque astronome construisait des tables des mouvements célestes. Ces déterminations numériques étaient regardées comme le but pratique, le véritable objet de l'astronomie. On cherchait sans cesse à approcher des nombres véritables, plus près que ne l'avaient fait les devanciers. De là cette multitude de tables qui ont paru, comme corollaires des traités d'Astronomie, jusque dans le milieu du XVIII[e] siècle.

On trouvera dans *Montucla* (Histoire des mathématiques, nouv. éd., 4 vol. 4°, Paris; t. IV, 1802, p. 302-308), l'énumération de 40 de ces tables générales, commençant aux tables alphonsines.

C'est seulement après les développements pris par la Mécanique Céleste, que la construction des tables est devenue une spécialité. Il n'a plus été possible à un même astronome d'embrasser l'ensemble de ces tables : chaque planète a été traitée à part.

Nous terminerons ce qu'on pourrait appeler l'époque des tables générales, aux deux dernières éditions de l'Astronomie de *Lalande.* C'est dans cet ouvrage que se trouve inséré le dernier ensemble de tables. Déjà cependant l'auteur du recueil n'avait plus été capable d'embrasser l'œuvre à lui seul. Il avait emprunté à *T. Mayer* ses tables de la Lune, à *Delambre* celles de Jupiter et ainsi de plusieurs autres. La nécessité de diviser le travail s'imposait.

Nous reprendrons, du reste, dans les monographies des diverses planètes, les travaux spéciaux auxquels chacun de ces corps célestes a donné lieu, depuis l'époque de *Newton.* Mais nous étendrons ici la période des tables d'ensemble jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle.

Après les travaux des Arabes, ou plutôt comme expression définitive de ces travaux, *Alphonse* X, de Castille, fit rédiger ses fameuses tables, dont voici l'indication bibliographique :

1962. **Alphonsus Rex Castillae.** Cœlestium motuum tabulae, necnon stellarum fixarum longitudines ac latitudines Alphonsi tempori ad motus veritatem reductae; 4°, Venetiis, 1483.

Cette première édition d'un ouvrage composé au milieu du XIII[e] siècle, a été donnée par *Johannes Saxoniensis* [Jean de Saxe]. Les éléments de ces tables étaient notablement plus précis que ceux de *Ptolémée*, ce qui leur assurait une prééminence qui fut longtemps marquée. Aussi les éditions de cet ouvrage furent-elles au nombre de dix, et se maintinrent-elles en faveur jusqu'à la fin du XVI[e] siècle. On a inséré un spécimen de ces tables, écrit avec les caractères du temps, dans le bel ouvrage « Libros del saber del rey *Alfonso* X de Castilla, » 5 vol. fol., Madrid, 1863-1867; voir t. IV, 1866, à la fin.

Les éditions des Tables alphonsines sont, outre celle de 1483, les suivantes : Augustae Vindelicorum, 1488; Venetiis?, 1490; Venetiis, 1492; Venetiis, 1518; Venetiis, 1521; Venetiis, 1524; Parisiis, 1545; Parisiis, 1553; Madriti, 1649. — Toutes ces réimpressions sont 4°.

Nous allons citer les plus importantes et les plus célèbres des tables générales des planètes, qui ont marqué la renaissance de l'Astronomie :

1963. **Monteregio, J. de [Regiomontanus].** Tabulae astronomicae quas vulgo, quia omni difficultate et obscuritate carent resolutas vocant; 4°, Noribergae, 1536. – Réimpr., 4°, Vittebergae, 1588.

Copernicus, Rev, 1643 (voir nos n[os] 652-654, § 62).

Il ne s'agit pas de tables complètes; mais certains éléments ont été déterminés par *Copernic* pour les années 1515 et 1525.

1964. **Reinhold[us], E.** Prutenicae tabulae cœlestium motuum; 4°, Tubingae, 1551. — Réimpr., 4°, Tubingae, 1554, 1562, 1572; Witebergae, 1585.

1965. **Magini, G. A.** Tabulae novae juxta Tychonis observationes elaboratae; 4°, Bononiae, 1619.

Longomontanus, C. S. Astronomia danica; fol., Amsterodami, 1622 (voir notre n° 675, § 63).

Les tables sont disséminées dans le volume. Elles reposent principalement sur les éléments des planètes déterminés par *T. Brahé.*

1966. Kepler[us], J. Tabulae rudolphinae, quibus astronomicae scientiae, temporum longinquitate collapsae, restauratio continetur; fol., Ulmae, 1627.

Fondées principalement sur les observations de *T. Brahé* depuis 1572. La plupart des éléments ont été déterminés pour l'année 1598.

Les Tables rudolphines ont été rééditées sous une forme un peu différente, et avec des corrections, par

Morin[us] J. B. Tabulae rudolphinae ad meridianum Uraniburgi supputatae, ad accuratum et facile compendium redactae; 4°, Parisiis, 1650. — Réimpr., 4°, Parisiis, 1657.

C'est d'après la réédition de *Morin* que ces tables ont été reproduites à la suite de

Mercator, N. Institutionum astronomicarum libri duo; 8°, Londini, 1676.

Et dans la traduction latine de l'Astronomie de *Streete* :

Streete, T. Astronomia carolina, ex idiomate anglicano in latinum transtulit *J. G. Doppelmayer;* 4°, Norimbergae, 1705.

C'est aussi sur la réédition de *Morin* qu'a été faite l'édition anglaise :

Traduction.

Tabulae rudolphinae, or the rudolphinae tables, supputated to the meridian of Uraniburge, first by *Kepler*, afterwards digested into a most accurate compendium by *Morinus ;* 4°, London, 1675,

1967. Lansberg[ius], P. Tabulae motuum cœlestium perpetuae... et observationum thesaurus; 4°, Middelburgi, 1632. — Réimpr. dans ses Opera omnia, fol., Middelburgi Zelandiae, 1663.

Traduction.

Les tables perpétuelles des mouvements célestes, ensemble ses théories nouvelles des mouvements célestes, et le trésor d'observations astronomiques (par *D. Goubard*); fol., Middelbourg [aussi Leyde], 1633 [des exemplaires sont marqués 1634].

1968. Bullialdus, I. Tabulae philolaicae. Avec pagination séparée dans : Bullialdus, Aph, 1645 (voir notre n° 683, § 63).

1969. **Ricciolus, J. B.** Tabulae novalmagesticae secundorum mobilium. Dans son Astronomia reformata; fol., Bononiae, 1665; part. II.

Les éléments de ces tables sont presque tous empruntés à *Boulliau*. Les valeurs qui appartiennent réellement en propre à *Riccioli*, sont celles qu'on trouve dans **Ricciolus, Alm, 1651, I, passim**. Ce sont ces dernières que nous rapportons au § suivant.

1970. **Streete, T.** Astronomia carolina, a new theory of the celestial motions; 4°, Londini, 1661. — Réimpr., 1710 et 1716.

Les tables astronomiques jointes à cet ouvrage ont été longtemps estimées. Le texte est en anglais.

Traduction.

Astronomia carolina... ex idiomate anglicano in latinum translata (par *J. G. Doppelmayer*); 4°, Norimbergae, 1705.

1971. **Halley, E.** Tabulae astronomicae, accedunt de usu tabularum praecepta; 4°, Londini, 1749.

Traduction.

Tables astronomiques de M. Halley, (par *J. Chappe d'Anteroche* pour la 1[re] partie et par *J. J. de Lalande* pour la 2[e]); 2 vol. 8°, Paris, 1754-1759.

Les tables de *Halley* étaient rédigées dès 1719. La publication en a été tardive.

1972. **Lahire, P. de.** Tabulae astronomicae... ex ipsis observationibus deductae, cum usu tabularum; 2 part. 4°, Parisiis, 1687-1702. — Réimpr. (avec additions par *N. Grammatico*); 4°, Ingolstadii, 1722; 2[e] édit., 4°, Parisiis, 1727.

Traductions.

Astronomische Tabellen (par *J. A. Klimm*); 4°, Nürnberg, 1725.

Tables astronomiques dans lesquelles on donne les mouvements du Soleil, de la Lune et des autres planètes (par *L. Godin*); 4°, Paris, 1735.

1973. **Cassini, J.** Tables astronomiques; 4°, Paris, 1740.

Ces tables reposent sur une discussion soignée des éléments du système, et peuvent être considérées comme vraiment originales.

Lalande, J. J. de. Tables astronomiques. **Lalande, Ast_2, I, 1771**, à la fin, avec pagination séparée.

Lalande, J. J. de. Tables astronomiques. **Lalande, Ast_3, I, 1792**, à la fin, avec pagination séparée.

§ 156. ÉLÉMENTS DES ANCIENNES PLANÈTES.

Nous allons prendre, dans les principales tables qui viennent d'être mentionnées, les éléments les plus importants des anciennes planètes. Nous les réunissons en tableaux, d'une construction uniforme, afin de faciliter les comparaisons. Nous avons adopté pour les dénominations et le choix des éléments, le système moderne, c'est-à-dire la théorie elliptique.

Ce choix ne causait aucune difficulté, lorsqu'il s'agissait des tables les plus récentes, de celles du XVIIIe siècle, par exemple. Mais pour la plupart des tables anciennes, il y avait à démêler les éléments elliptiques au milieu de données complexes, qui se présentaient souvent sous un forme inappropriée à notre objet. La conversion a été faite, en suivant les règles les plus simples, toutes les fois que les données justifiaient la transformation.

On remarquera que les éléments réunis dans nos tableaux sont ceux qui résultent de l'observation immédiate : le moyen mouvement et non le demi-grand axe de l'orbite, qu'on peut en déduire par le calcul ; la plus grande équation du centre et non l'excentricité, qui en dérive. C'est, en effet, des résultats de l'observation qu'il s'agit ici.

Voici la liste des tables qui ont été compulsées; elle renferme, comme on le verra, toutes les tables générales vraiment importantes, qui ont paru jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Les indications bibliographiques qui s'y rapportent ont été données au § précédent.

Auteur.	Siècle.	Nom des tables.	Premier méridien.
Ptolémée	II.	»	Alexandrie.
Sûrya-Siddhânta	IV?	»	Avanti, aujourd'hui Oujein.
Albategnius	IX.	»	Aracht = Raca.
Arzachel.	XII.	Tabulae toledanae.	Tolède.
Nassir Eddin	XIII.	Tabulae ilkhanianae.	Meragah.
Alphonsus	XIII.	Tabulae alphonsinae.	Tolède.
Almanak ed. Oxoniae. . .	XIV.	»	Oxford.
Chrysococca.	XIV.	»	Tybenes.
Ulug-Beg.	XV.	Tabulae regiae.	Samarkand.
Copernic.	XVI.	»	Fribourg-en-Prusse.
Bija	XVI.	»	Oujein.
Reinhold.	XVI.	Tabulae prutenicae.	Königsberg.
Magini	XVI.	»	Uranibourg.
Képler	XVII.	Tabulae rudolphinae.	Uranibourg.

Auteur.	Siècle.	Nom des tables.	Premier méridien.
Longomontanus	XVII.	Tabulae danicae.	Copenhague.
P. Lansberg.	XVII.	Tabulae lansbergianae.	Goes (Zélande).
Boulliau	XVII.	Tabulae philolaicae.	Uranibourg.
Riccioli	XVII.	Tabulae bononienses.	Bologne.
Streete	XVII.	Tabulae carolinae.	Londres.
Lahire	XVIII.	Tabulae ludovicianae.	Paris.
Halley	XVIII.	»	Greenwich.
J. Cassini	XVIII.	»	Paris.
Lalande I	XVIII.	»	Paris.
Lalande II	XVIII.	»	Paris.

Nous désignons respectivement par Lalande I et Lalande II, les deux dernières éditions de l'Astronomie de *Lalande*, qui ont paru en 1771 et 1792. Plusieurs des tables publiées par cet auteur sont le fruit des travaux de divers spécialistes. Ainsi les tables de la Lune sont de *T. Mayer*, revues dans la dernière édition par *Mason*.

Nous aurions pu également donner deux systèmes de valeurs empruntés à *Riccioli*, celui de son « Almagestum novum, » et celui de son « Astronomia reformata, » qui a paru quatorze ans plus tard. Nous avons cru devoir nous borner au premier système, qui lui appartient entièrement. Dans ses dernières tables, *Riccioli* a suivi souvent *Boulliau*. Aussi ne nous sommes-nous servis des Tabulae novalmagesticae de son « Astronomia reformata, » que pour compléter certaines données de son premier ouvrage.

Les quantités désignées par C, en tête des colonnes du tableau suivant, expriment le nombre de circonférences accomplies dans l'intervalle donné de 365 jours.

Mouvement en longitude moyenne, en 365j.

AUTORITÉ.	DATE des tables	Mercure. 4c +	Vénus. 1c +	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune. 13c +
Ptolémée	139	53° 42′ 7″	224° 46′ 57″	359° 45′ 25″	191° 16′ 54″	30° 20′ 23″	12° 13′ 24″	129° 22′ 46″
Sûrya-Siddhânta	IVe siècle?	53 42 36	224 47 50	359 45 32	191 16 52	30 20 39	12 13 9	»
Nassir-Eddin	1260 ∓	53 43 16	224 47 27	359 45 40	191 17 11	30 20 34	12 13 59	»
Alphonsus	1272	53 41 59,8	224 46 54,4	359 45 39,4	191 15 25,2	30 20 28,7	12 13 34,7	129 23 2,6
Alman. Oxon.	1340?	53 42 0	224 46 53	359 45 39	191 17 5	30 20 29	12 13 35	»
Chrysococca	1346	53 43 5	224 46 54	359 45 40	191 17 12	30 20 12	12 13 39	129 23 2
Ulug-Beg	1444	53 43 13,5	224 47 32,0	359 45 39,4	191 17 15,0	30 20 54,7	12 13 39,1	129 23 6,0
Copernic	1525	53 42 38,6	224 46 58,3	359 45 59,8	191 16 42,5	30 20 4,7	12 13 9,8	129 23 1,8
Bija	1530 ∓	53 41 41,1	224 46 56,8	359 45 52,0	191 16 52,5	30 19 46,2	12 12 22,8	»
Reinhold	1551	53 43 36,5	224 46 58,5	359 45 39,0	191 16 18,5	30 19 41,1	12 12 46,1	129 22 55,0
Longomontanus	1622	53 41 28,7	224 46 7,3	359 45 42 0	191 17 10,0	30 20 31,7	12 13 35,3	129 23 2,6
Képler	1627	53 42 47,8	224 47 9,0	359 45 40,1	191 17 8,4	30 20 32,2	12 13 35,5	129 23 2,6
Lansberg	1632	53 42 26,0	224 47 7,3	359 45 39,1	191 17 10,1	30 20 31,8	12 13 35,2	129 23 2,5
Boulliau	1645	53 42 45,9	224 47 8,8	359 45 59,9	191 17 8,1	30 20 32,2	12 13 34,3	129 23 2,4
Riccioli	1651	53 42 46,4	224 47 6,5	359 45 41,2	191 17 8,4	30 20 32,2	12 13 35,5	129 23 3,5
Labire	1702	53 43 15	224 47 36	359 45 40	191 17 8	30 20 32	12 13 29	129 23 3
Streete	1710	53 52 7	224 46 38	359 45 59	191 16 22	30 19 44	12 12 41	129 23 3
Halley	1719	53 42 2,0	224 47 29,0	359 45 40,2	191 17 9,7	30 20 38,0	12 13 21,3	129 23 3,3
J. Cassini	1740	53 43 11,0	224 47 28,7	359 45 40,3	191 17 9,3	30 20 34,0	12 13 35,7	129 23 3,2
Lalande I	1771	53 43 8,0	224 47 28,7	359 45 40,5	191 17 9,7	30 20 37,7	12 13 26,7	129 23 5,3
Lalande II	1792	43 43 3,3	224 47 30,0	359 45 40,5	191 17 9,7	30 20 31,7	12 13 36,8	129 23 5,2

Longitude du périhélie.

AUTORITÉ.	ÉPOQUE.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Ptolémée	139	10° 0′	55° 0′	65°30′	295°30′	341° 0′	53° 0′	»
Sûrya-Siddhânta	IVe siècle?	40 26	79 49	77 15	310 1	351 16	56 58	»
Albategnius.	883	»	»	82 17	306 18	354 58	74 58	»
Alman. Oxon	1340	28 51 4″	89 36 54″	»	313 23 44″	351 48 51″	71 35 13″	»
Copernic	1515	»	»	96 40	327 0	6 21	87 42	»
Kepler.	1600	72 49 48	121 14 22	95 44 8″	328 59 54	6 52 1	84 57 36	»
Longomontanus	1600	»	»	95 40 0	328 41 56	7 31 58	86 26 57	»
Lansberg	1600	»	»	90 23 8	325 32 6	3 8 55	85 55 12	»
Boulliau	1600	71 37 47	125 23 5	95 35 24	328 59 52	8 1 22	85 59 46	»
Riccioli	1644	71 37 20	125 23 4	97 59 8	329 50 2	8 36 0	87 13 20	»
Lahire.	1700	73 3 40	126 56 10	98 7 30	330 35 20	10 17 14	89 14 41	»
Halley.	1750	73 27 12	127 18 31	98 28 43	331 51 58	10 33 46	89 39 58	330°58′55″
J. Cassini	1750	73 41 18	127 38 0	98 27 25	331 36 9	10 14 53	89 13 51	331 1 21
Lalande I	1750	73 33 3	128 13 0	98 38 4	331 28 24	10 22 51	89 53 30	330 55 51
Lalande II	1750	73 35 58	127 54 42	98 37 16	331 28 24	10 21 4	88 9 7	330 54 53,5

Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).

AUTORITÉ.	DATE des recherches.	Mercure.	Vénus	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune. 11ˢ +
Képler.	1588	2°54′55″	2° 9′59″	1°43′20″	1°51′30″	1°18′35″	2° 6′ 1″	109°14′16″
Lansberg	1599	3 11 13	2 22 57	1 42 31	2 13 28	1 40 19	2 10 41	»
Boulliau	1645	2 53 41	1 24 31	1 34 47	2 11 21	2 28 30	3 10 10	109 18 29
Riccioli	1651	1 23 45	1 20 0	1 43 28	1 56 40	1 30 0	2 46 40	109 18 44
Lahire.	1702	2 44 40	2 23 41	1 42 30	1 50 46	2 37 22	2 16 8	109 14 16
Halley	1717	1 27 37	1 34 13	1 41 7	1 56 40	2 0 0	2 13 20	109 11 15
J. Cassini	1740	2 13 20	2 23 20	1 42 55	1 59 38	1 35 42	2 9 44	109 14 16
Lalande I	1771	1 57 40	4 10 0	1 50 0	1 51 40	1 43 20	2 23 20	109 11 15
Lalande II	1792	1 33 45	1 21 0	1 43 35	1 51 40	1 34 33	1 50 7	109 11 15

Équation du centre.

AUTORITÉ.	DATE de la recherche.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Ptolémée	136	23° 36′ 30″*	2° 41′ 0″	2° 23′	11° 32′	5° 16′	6° 32′	6° 20′ 30″
Sûrya-Siddhânta	IVe siècle?	»	1 45 3	2 10 31″	11 32 3″	5 5 58″	7 39 32″	»
Arzachel	1104 ∓	22 2*	1 59	1 59 20	11 24	5 15	6 31	»
Alphonsus	1272	23 1 30*	2 10	2 10 0	11 24	5 17	6 31	»
Alman. Oxon.	1340	»	2 10	»	11 24	5 37	6 31	»
Copernic	1525	21 37 30*	2 0	1 51	11 8	5 15	6 31	»
Reinhold	1551	21 37 56*	2 0 17	1 50 30	11 5 59	5 13 59	6 30 0	»
Magini	1585	21 8 41*	2 0 17	2 3 10	11 5 59	5 13 59	6 30 30	»
Képler	1598	24 11 17	0 47 36	2 3 0	10 37 0	53 3 17	6 32 0	6 15 0
Longomontanus	1622	22 34 3*	1 50 16	2 2 48	10 34 20	5 26 59	6 38 17	6 15 42
Lansberg	1632	21 34 0*	2 0 0	2 0 0	12 9 0	5 15 0	6 31 0	6 15 58
Boulliau	1645	24 17 20	0 54 36	2 3 0	10 35 46	5 33 59	6 37 10	6 14 59
Riccioli	1651	22 20 28*	1 59 0	1 59 0	10 37 10	5 28 30	6 39 24	6 15 30
Lahire	1702	24 16 52	0 50 0	1 55 42	10 40 40	5 36 54	6 30 0	6 17 17
Halley	1719	23 42 36	0 48 0	1 56 20	10 40 2	5 31 36	6 32 4	6 21 0
J. Cassini	1740	24 2 58	0 49 6	1 55 51	10 39 19	5 31 17	6 31 40	6 17 34
Lalande I	1771	23 40 48	0 48 30	1 55 31,6	10 42 14	5 34 0	6 23 19	6 18 32
Lalande II	1792	23 40 0	0 47 20	1 55 36,5	10 40 40	5 30 38	6 26 42	6 18 32

* Les équations de Mercure marquées de ce signe sont formées en prenant la moyenne des équations de l'orbe dans le périgée et l'apogée de l'excentrique.

Longitude du nœud ascendant.

AUTORITÉ.	ÉPOQUE.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Arzachel	1104?	287°30′	347°50′	»	51°51′	90° 1′	100°30′	»
Copernic	1530	258	76	»	57	117	127	»
Képler	1600	42 25 22″	73 0 45″	»	46 44 32″	95 25 58″	110 59 59″	»
Riccioli	1600	42 30 40	73 30 0	»	46 44 30	97 0 0	110 40 0	»
Boulliau	1600	41 58 47	74 7 38	»	46 44 32	98 37 25	110 30 49	»
Lahire	1700	44 53 14	73 54 19	»	47 25 20	97 11 44	111 56 29	148° 2′ 4″
Halley	1750	44 29 0	74 23 45	»	47 56 22	98 15 50	111 20 6	280 13 59
J. Cassini	1750	45 25 20	74 27 45	»	47 45 45	97 49 57	112 1 4	280 18 8
Lalande I	1750	45 21 15	74 26 18	»	47 36 30	98 16 0	111 31 17	280 19 9
Lalande II	1750	45 20 43	74 26 18	»	47 38 38	97 54 22	111 30 25	280 20 0

Mouvement du nœud en 100 ans (juliens).

AUTORITÉ.	DATE des recherches.	Mercure.	Vénus.	Terre *.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune. — 5e —
Képler	1612	2°21′59″	1°18′17″	»	1° 6′12″	0° 5′49″	1°59′ 0″	134°11′ 7″
Longomontanus	1622	»	»	»	1 26 12	0 22 41	1 9 49	»
Lansberg	1632	0 22 41	1 5 18	1°17′ 8″	1 6 40	0 0 0	1 51 42	»
Boulliau	1645	2 39 18	0 50 16	1 25 0	1 20 23	0 41 3	0 43 13	134 12 7
Riccioli	1651	2 38 20	1 6 40	1 23 20	1 6 40	0 25 0	1 25 0	»
Lahire	1702	2 22 4	1 16 47	1 25 0	1 1 28	0 23 32	1 59 5	134 11 7
Halley	1719	1 23 20	0 51 40	1 25 0	1 3 20	1 23 20	0 30 0	134 11 15
J. Cassini	1740	1 24 40	0 56 40	1 23 43	0 56 40	0 40 9	1 35 11	134 11 5
Lalande I	1771	1 15 0	0 51 40	1 23 53	1 6 20	1 40 0	0 40 0	134 11 15
Lalande II	1792	1 12 10	0 51 40	1 23 53	0 46 40	0 59 30	0 52 35	134 11 15

* Pour la terre, le mouvement est celui en précession.

Inclinaison de l'orbite sur l'écliptique.

AUTORITÉ.	DATE de la recherche.	Mercure.	Vénus.	Terre.	Mars.	Jupiter.	Saturne.	Lune.
Ptolémée	136	7° 0′	3° 30′	»	1° 0′	1° 30′	2° 30′	»
Sùrya-Siddhânta	IVe siècle?	»	»	»	1 30	1 0	2 0	»
Képler.	1612	6 54 0″	3 22 0″	»	1 50 30″	1 19 20″	2 32 0″	5° 9′ 0″
Lansberg	1632	6 16	3 30	»	1 50	1 20	2 31	5 8 0
Boulliau	1645	7 39 54	3 22 52	»	1 51 4	1 21 48	2 30 0	4 58 30
Riccioli	1651	6 54 0	3 24 0	»	1 50 30	1 25 0	2 31 0	5 9 0
Lahire.	1702	6 52 0	3 23 5	»	1 51 0	1 19 20	2 33 30	5 1 30
Halley.	1719	6 59 20	3 23 20	»	1 51 0	1 19 10	2 30 10	4 59 35
J. Cassini	1740	7 0 0	3 23 20	»	1 50 54	1 19 30	2 30 36	5 1 0
Lalande I	1771	7 0 0	3 23 20	»	1 51 0	1 19 10	2 30 20	5 8 52
Lalande II	1792	7 0 0	3 23 35	»	1 51 0 *	1 19 0	2 29 55	5 8 48,9

* Dans : Lalande, Ast_3, I, 1792, la table CXVII, p. 138, où ce chiffre est donné, porte par erreur le titre : « Latitude héliocentrique de *Jupiter;* » il faut : . . . de *Mars*.

§ 157. VARIATIONS DES ÉLÉMENTS ET LEURS LIMITES.

Jusqu'à l'époque où la Mécanique Céleste a pris ses développements, les variations séculaires des éléments des planètes ne pouvaient être déterminées que par des comparaisons à long intervalle. Les changements sont d'ailleurs si lents, que les résultats demeurent incertains. On le voit au premier coup d'œil, dans les tableaux du § précédent, par les discordances que les nombres présentent, lorsqu'il s'agit des mouvements des périhélies et des nœuds.

Les déterminations numériques commencèrent seulement à se fixer lorsqu'on se fut rendu maître des théories de la Mécanique Céleste. C'est dans les calculs modernes et dans les tables spéciales des différentes planètes, qu'il faut chercher aujourd'hui les résultats de ces discussions. Aussi est-ce aux monographies des différentes planètes, que nous en reparlerons, pour chacune d'elles en particulier. Quant à la théorie elle-même de ces variations, on se rappelle que nous en avons traité au § 113, p. 269.

Nous ne parlerons ici que des caractères généraux des mouvements séculaires, et des limites des éléments qui varient par oscillations.

La première détermination des limites des excentricités et des inclinaisons a été faite par *Lagrange,* dans le mémoire cité plus haut, au § 113, sous le nº 1477. La précision des chiffres a successivement augmenté, à mesure qu'on a mieux connu les valeurs des masses des différentes planètes. Voici les résultats obtenus jusqu'ici, touchant les conditions auxquelles est soumis à cet égard le système planétaire.

Valeurs attribuées aux limites des excentricités et des inclinaisons.

1782. J. L. de Lagrange. (Berlin, Mem$_1$, 1782, 169, art. 66, 73, 52, 51, 55, 54. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 324, 336, 294, 292, 300, 298.)

PLANÈTES.	Limites des excentricités.	Limites des inclinaisons sur l'écliptique fixe de 1800.
Mercure	0,222 08	7°58′
Vénus	0,082 71	5 6
La Terre.	0,076 41	5 23
Mars	0,147 26	5 29
Jupiter.	0,060 36	2 2 30″
Saturne	0,084 08	2 32 40

1834. F. T. SCHUBERT. (Traité d'astronomie théorique, 3e éd., 3 vol. 4°, Hambourg; 1834; t. III, liv. v, ch. 10.)

PLANÈTES.	Limites des excentricités.	Limites des inclinaisons sur l'écliptique fixe de 1800.
Mercure	0,227 995	8°48′52″
Vénus	0,087 917	5 8 40
La Terre	0,077 725	4 52 50
Mars	0,141 375	5 50 22
Jupiter	0,061 512	2 0 58
Saturne	0,084 742	2 32 28
Uranus	0,063 322	2 34 8

1841. LE VERRIER. (CdT, 1843, 41 et 60.)

PLANÈTES.	Limites des excentricités.	Limites des inclinaisons sur l'écliptique fixe de 1800
Mercure	0,225 646	9°16′54″
Vénus	0,086 716	5 18 30
La Terre	0,077 747	4 51 42
Mars	0,142 243	7 9 10
Jupiter	0,061 548	2 0 48
Saturne	0,084 919	2 32 39
Uranus	0,064 666	2 33 8

1873. STOCKWELL. (Smithsonian contributions to knowlegde, 4°, Washington; vol. XVIII, 1873, p. xi-xiv.) Cet auteur a tenu compte de la planète Neptune, découverte postérieurement aux travaux de ses prédécesseurs.

PLANÈTES.	Limites des excentricités.		Limites des inclinaisons sur le plan invariable du système planétaire.	
	Supérieure.	Inférieure.	Supérieure.	Inférieure.
Mercure	0,231 718 5	0,121 494 3	9°10′41″	4°44′27″
Vénus	0,070 632 9	0	3 16 18	?
La Terre	0,069 388 8	0	3 6	0 0 0
Mars	0,139 655	0,018 475	5 56	?
Jupiter	0,060 827 4	0,025 492 8	0 28 56	0 14 23
Saturne	0,084 328 9	0,012 371 9	1 0 39	0 47 16
Uranus	0,077 965 2	0,011 757 6	1 7 10	0 54 25
Neptune	0,014 506 6	0,005 572 9	0 47 21	0 33 43

Voici de plus, d'après le même calculateur, le moyen mouvement annuel du périhélie et du nœud pour les quatre grandes planètes supérieures :

PLANÈTES.	Mouvement moyen en 365 ¼ jrs sur le plan invariable du système planétaire.	
	Du périhélie.	Du nœud.
Jupiter. . . .	+ 3″,716 607	− 25,934 567
Saturne . . .	+ 22,460 848	− 25,934 567
Uranus. . . .	+ 3,716 607	− 2,916 082
Neptune. . .	+ 0,616 685	− 0,661 666

Le travail cité en dernier lieu fait connaître plusieurs relations remarquables, surtout en ce qui concerne les grandes planètes.

Ainsi les périhélies de Jupiter et d'Uranus sont toujours à peu près de côtés opposés du Soleil, tournant d'une vitesse moyenne commune, autour de cet astre, en 3487 siècles environ. Les plans des orbites de Jupiter et de Saturne sont toujours relevés des deux côtés du plan invariable, en sens opposés, comme les deux ailes dressées d'un oiseau, et leur ligne d'intersection exécute une révolution en 500 siècles à peu près. Les excentricités de Saturne et d'Uranus varient en sens inverse, l'une des orbites s'allongeant quand l'autre s'arrondit, et réciproquement, dans une période de 691 siècles. On trouvera dans le mémoire indiqué d'autres relations analogues.

§ 158. PLAN INVARIABLE.

On a vu au § 114, dernière partie, p. 274, que l'existence d'un plan qui, au milieu des corps du système reste toujours parallèle à lui-même, a été signalée par *Laplace* (Paris, JEP, II, 1798, 155). Ce géomètre avait déjà mentionné ce fait, sans l'établir mathématiquement, dans la 1re édition de son Exposition du système du monde (liv. IV, ch. 3), qui avait paru deux ans auparavant.

On a fait plusieurs déterminations numériques des éléments de ce plan.

Éléments attribués au plan invariable du système planétaire.

1802. Laplace (TMc, liv. VI, ch. XVIJ, n° 46; t. III), sur l'écliptique fixe de 1750.

Longitude du nœud ascendant . . .	102° 57′ 30″
Inclinaison	1 35 31

1834. De Pontécoulant (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, p. 529), sur l'écliptique fixe de 1800.

Longitude du nœud ascendant . . .	103° 8′ 45″
Inclinaison	1 34 16

1873. Stockwell (Smithsonian contributions to knowlegde, 4°, Washington; vol. XVIII, p. 166), sur l'écliptique fixe de 1850.

Longitude du nœud ascendant . . .	106° 14′ 6″,00
Inclinaison	1 55 19,376

Ce dernier calcul a été fait avec les meilleures valeurs, déterminées récemment, des masses des planètes, et en tenant compte de l'action de Neptune qui était inconnu à *Laplace* et à *Pontécoulant*.

§ 159. TRANSPORT DU SYSTÈME SOLAIRE.

Le premier astronome qui exprima l'idée d'un transport du système solaire dans l'espace, fut *Lambert* (Cosmologische Briefen, 8°, Augspurg, 1761, p. 171 et 216; et dans la trad. franç., 8°, Amsterdam, 1801, p. 180 et 217). Il concevait que les mouvements propres des étoiles étaient dus à deux causes combinées, le déplacement effectif de ces astres, et le transport du Soleil et de son cortége de planètes dans l'espace.

Le premier essai de déterminer la direction de ce mouvement fut fait par

1974. Prevost, P. Mémoire sur le mouvement progressif du centre de gravité de tout le système solaire. **Berlin, Mem., 1781, 418.**

Le transport du système ne prit cependant une certaine place dans la science, qu'après la publication du mémoire :

1975. Herschel, W. On the proper motion of the Sun and solar system, with an account of several changes that have happened among the fixed stars since the time of Flamstead. **London, PTr, 1783, 247.**

Depuis cette époque, de nombreux travaux ont été exécutés sur ce sujet.

Des formules propres à calculer, d'après les mouvements propres des étoiles, le point du ciel vers lequel le système solaire se dirige, se trouvent dans :

1976. Klügel, G. S. Trigonometrische Formeln zu der Untersuchung über die Fortrückung der Sonne und der Sterne. **BaJ, 1789, 214.**

1977. Argelander, F. W. A. Ueber die eigene Bewegung des Sonnensystems. Mémoires présentés à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg par divers savants, 4°, Saint-Pétersbourg; vol. III, 1837, p. 561.

Les résultats des différents calculs entrepris sur le mouvement propre du Soleil, sont réunis ci-dessous.

Coordonnées attribuées au point du ciel vers lequel se meut le système solaire.

	Ascension droite.	Déclinaison.	Mouvement annuel du Soleil, vu de la distance d'une étoile de 1re grandeur.
1781. P. PREVOST, par les mouvements propres des étoiles du catalogue de *Tob. Mayer* (Berlin, Mem₁, 1781, 445).	250°	+ 25°	»
1783. W. HERSCHEL, par 27 mouvements propres de *Lalande* (London, PTr, 1783, 247).	260°34',5	+ 26°17'	»
1786. KLÜGEL, par 10 étoiles brillantes (BaJ, 1789, 222).	260°	+ 22°	»
1802. P. PREVOST et F. MAURICE, par les mouvements propres de 39 étoiles brillantes mesurés entre 1756 et 1797 (BaJ, 1805, 113).	258°	+ 27°	»
1805. W. HERSCHEL, par les mouvements propres des primaires (London, PTr, 1805, 233; 1806, 205).	245°52',5	+ 40°22'	0",15
1821. OLBERS, par les mouvements propres de 82 étoiles (*Olbers & Bessel,* Briefwechsel herausgegeben von *A. Erman,* 2 vol. 8°, Leipzig, 1852; vol. II, p. 221).	269°23'	+ 68°40'	»
1839. ARGELANDER, par 392 étoiles (ANn, XVI, 45) Équin. 1792,5.	259°47',6	+ 32°29',5	»
1840. LUNDAHL, par 147 étoiles (ANn, XVII, 210). Équin. 1792,5.	252°24',4	+ 14°26',1	»
1840. ARGELANDER, en réunissant les étoiles de Lundahl aux siennes (ANn, ibid). Équin. 1792,5.	257°49',7	+ 28°49',7	»

	Ascension droite.	Déclinaison.	Mouvement annuel du Soleil, vu de la distance d'une étoile de 1re grandeur.
1844. O. Struve, par les 392 étoiles d'Argelander, en tenant compte du mouvement propre du Soleil (St-Pétersbourg, MSm₂, III, 17). Équin. 1792,5.	261°23',1	+ 37°35',7	0",339
1847. Galloway, par 78 étoiles australes (London, PTr, 1847, 79). Équin. 1790.	260° 0',6	+ 34°23',4	»
1852. Plana, en refaisant les calculs de Galloway et ajoutant 5 étoiles australes (ANn, XXXIV, 305). Équin. 1792,5.	260°10',9	+ 36°53',7	»
1856. Madler, par 2163 étoiles (Dorpat, Beo, XIV, 227). Équin. 1800,0.	261°38',8	+ 39°53',9	»
1860. Airy, par 113 étoiles à forts mouvements propres, en tenant compte du mouvement du Soleil et en supposant des mouvements réels aux étoiles (London, MAS, XXVIII, 161). Équin. 1840,0.	261°29'	+ 24°44'	1",912
1864. Dunkin, par 1167 étoiles, dans les mêmes hypothèses que Airy (London, MAS, XXXII, 36). Équin. 1846,0.	263°43',9	+ 25° 0',5	0",410 3
1877. L. de Ball, par 80 étoiles australes d'au moins 0",1 de mouvement propre annuel (*L. de Ball,* Untersuchungen über die eigene Bewegung des Sonnensystems, 4°, Bonn; p. 26).	269°33'	+ 23°11'	»

L'idée d'une circulation du Soleil autour d'un corps central a été émise pour la première fois par

1978. Biedenburg, J. D. Versuch von Bau der Welt aus den Observationen; 4°, Bremen, 1730.

Elle a été reprise par

1979. **Mädler, J. H.** Die Centralsonne; 4°, Dorpat, 1846. — Reproduit : **ANn, XXIV, 1846, 213.**

Amené par diverses considérations à regarder les Pléïades, et en particulier η Tauri, comme le centre autour duquel circule le Soleil, cet astronome déduit des mouvements propres des étoiles de ce groupe, les éléments suivants de l'orbite solaire (loc. cit., p. 46; reprod. dans **ANn, XXIV, 240**) :

Longitude du nœud ascendant . . .	236°58′	Équin. 1840,0
Inclinaison	84 0	

Maxwell *Hall* est induit à croire que le Soleil et un certain nombre d'étoiles décrivent des orbites à peu près circulaires autour d'un centre, qu'il place par les mouvements propres de α Centauri et 61 Cygni, sous

Ascension droite.	9°15′
Déclinaison.	+26°32′

La vitesse angulaire annuelle du Soleil autour de ce centre serait 0″,066 12, et par conséquent la durée de la révolution vingt millions d'années (**London, MAS, XLIII, 1877, 185, 196**).

CHAPITRE VIII.

LE SOLEIL.

Les divers noms du Soleil, dans un grand nombre de langues d'Amérique et d'Asie, ont été rassemblés par *A. de Humboldt*, dans son Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, 12 vol. 8° et atlas 4°, Paris; t. VII, 1824, note A à la fin du liv. VII, p. 361.

§ 160. DIAMÈTRE ANGULAIRE.

La plus ancienne mention que l'on connaisse d'une mesure du diamètre angulaire du Soleil, est celle que les Égyptiens paraissent avoir exécutée, vers le — Ve siècle (?). Recevant l'ombre, au temps du lever de l'astre, sur un plan apparemment peu incliné à l'horizon, ils avaient, dit-on, mesuré la décroissance de cette ombre entre le lever du premier bord et celui du second bord (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron [G], lib. II, cap. 75).

Des méthodes variées ont été employées par les astronomes de différents temps, pour mesurer le diamètre angulaire du Soleil. Parmi ces méthodes, on remarque les suivantes :

L'interposition d'un écran qui couvre exactement le disque à son lever (*Archimedes*, De numero arenae [G]; dans l'édition des Opera de *Wallis*, t. III, 1699, p. 519).

L'emploi des dioptres, par *Hipparque* et par *Ptolémée* (**Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 14**).

Le temps que l'astre met à se lever ou à se coucher (*Cleomedes*, Cyclica theoria meteoron [G], lib. II; *Proclus*, Hypotyposes astronomicae [G], cap. 3, et dans l'édit. de *Halma* [voir nos 491 et 469], p. 107).

L'emploi du « radius astronomicus » (*Monteregio, de* [*Regiomontanus*], De cometae magnitudine, 4°, Norimbergae, 1544; probl. xiij).

La projection des rayons passant par le trou d'un gnomon (**Brahaeus, AiP, 1602, 471**; reproduit : **Brahe, Opa, 1648, 296**).

Les hauteurs des deux bords aux armilles, par *T. Brahé* (*Keplerus*, Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604, cap. XI, p. 342; reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 343**).

On arrivait ainsi aux mesures à l'aide des instruments divisés. La première mesure micrométrique du diamètre du Soleil est due à *Huygens*, et remonte à 1659 (*Hugenius*, Systema saturnium, dans ses Opera varia, t. II, 1724, p. 592).

Le nombre des déterminations qui ont été faites du diamètre apparent du Soleil est considérable. La question se rattachant à ces mesures, qui présente aujourd'hui le plus d'intérêt, est de savoir si ce diamètre éprouve des variations. Nous y reviendrons tout à l'heure. Nous allons donner d'abord les évaluations du demi-diamètre angulaire de l'astre, correspondant à la distance moyenne.

Valeurs attribuées au demi-diamètre apparent du Soleil.

—270 ∓	ARISTARQUE de Samos. (Cité par *Archimedes*, De numero arenae [G]; édit. dans les Opera de *Wallis*, t. III, 1699, p. 517) . .	900″
—240 ∓	ARCHIMÈDES, par les dimensions d'un écran qui couvrait le disque à l'horizon. (*Archimedes*, De numero arenae [G]; édit. dans les Opera de *Wallis*, t. III, 1699, p. 519.)	898,75
— 50 ∓	SOSIGÈNES. (*Proclus*, Hypotyposes astronomicae [G])	900
+138.	PTOLÉMÉE. (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 14)	940
860 ∓	ALFRAGAN. (*Alfraganus*, Elementa astronomica [A], diff. XXII). .	969
920 ∓	ALBATEGNI. (*Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 30, 41).	974
1100 ∓	Les HINDOUX. (*Burgess*, Translation of the Sûrya-siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 127)	972,4
1252.	ALPHONSUS. (Cœlestium motuum tabulae, 4°, Venetiis, 1483; canon XVIII)	975
1450 ∓	PURBACH. (*Purbachius*, Tabulae eclypsium, fol., Viennae, 1514).	973,5
1470 ∓	REGIOMONTANUS. (DE MONTE-REGIO, Epytoma in Almagestum Ptolemei, fol., Venetiis, 1496; prop. XXI.)	973,5
1543.	COPERNIC. (Copernicus, Rev, lib. IV, cap. 18-20.).	982
1543.	MAUROLICO. (*Maurolycus*, Cosmographia, 4°, Venetiis.).	974
1551.	REINHOLD. (*Reinholdus*, Prutenicae tabulae, 4°, Tubingae; praecept. XLIX.).	978
1561.	SANTBECH. (Problemata astronomica, fol., Basileae, 1561; de observationibus, prop. 14 et 23).	960

1570. Clavius. (Commentarius in sphaeram Joannis a Sacro-Bosco, 4°, Romae.) . . . . 973″,5

1577. Maestlin, par le nombre de coups qui bat son horloge à volant, pendant que le disque passe devant le fil méridien. (*Maestlinus*, Disputatio de eclipsibus Solis et Lunae, 4°, Tubingae, 1596. — Comparez *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, t. IX, Abth. II, 1839, p. 1112.) 966,5

1585. Magini (*Maginus*, Tabulae secundorum mobilium cœlestium, 4°, Venetiis; canon LXVIII.). 968

1602. T. Brahé, par un tuyau de 10m de longueur. (Brahaeus, AiP, 467, 471, 485; reproduit : Brahe, Opa, 1648, 293, 296, 304.) . . 930

1611. N. Muler. (*Mulerius*, Tabulae frisicae lunae-solares, 4°, Alcmariae, 1611; p. 420.) 930

1620. Biancani. (*Blancanus*, Sphaera mundi, 4°, Bononiae; lib. x, cap. 3). 930

1622. Képler. (Keplerus, Epi, lib. VI, part. V, cap. 7. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 498) 916,5

1622. Longomontanus. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; Theor., lib. I, cap. 9, p. 299.) 932

1631. P. Lansberg. (*Lansbergius*, Uranometria, 4°, Middelburgi. Dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663 : Uranometria, p. 49; tabulae, p. 37; thesaurus observationum, p. 100-105.) 1041

1632. Galilée. (*Galilei*, Dialogo... sopra i due sistemi massimi, 4°, Fiorenza; part. III. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, 391.) . . 900

1644. Wendelin. (*Wendelinus*, Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae idea, p. 29.) 900

1644. Hérigone. (*Herigonius*, Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis; t. V.) 915

1644. Mut. (*Mutus*, Tractatus de Sole alphonsino, 4°, Majoricae). . . . 962

1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, lib. IV, cap. 2) 976

1645. Kircher. (*Kircherus*, Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae; lib. IX, p. 561.) 927

1645. Rheita. (*Schyrlaeus de Rheita*, Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; part. I.). 1040,5

1647. Gassendi. (*Gassendus*, Institutio astronomica, 8°, Parisiis; lib. II, cap. 9. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV) 919

1651. F. M. GRIMALDI. (Ricciolus, Alm, I, 119) 954,5

1651. VAN LANGREN. (Ricciolus, Alm, I, 119, d'après une communication manuscrite.) 900

1656. J. D. CASSINI, au gnomon de St. Pétrone à Bologne. (Specimen observationum bononiensium, fol., Bononiae; p. 31.) 947

1659. HUYGENS, première détermination au micromètre. (*Hugenius*, Systema saturnium, 4°, Hagae; et dans ses Opera varia, vol. II, 1724, p. 592.) 915

1660 ∓ FURNERIUS. (Cité Ricciolus, Ara, 1665, 38.) 919

1661. MOUTON. (Observationes diametrorum Solis et Lunae, 4°, Lugduni, 1670. — Comparez Paris, H & M, 1752, 441; 1760, 121) . . 960,9

1665. RICCIOLI, par le gnomon de St. Pétrone à Bologne. (Ricciolus, Ara, 38.). 946

1666. AUZOUT et PICARD, par des mesures micrométriques. (Paris, His, VII, 1731, 118; Le Monnier, His, 1741, 10.) 965,5

1673. FLAMSTEED, au micromètre. (*Horroccius*, Opera posthuma, 4°, Londini, 1673; p. 490.) 966,5

1679. HEVEL. (*Hevelius*, Machina cœlestis, 2 vol. fol., Gedani; vol. II, lib. II, p. 48) 957

1684. J. D. CASSINI, au micromètre. (Paris, ROb, 1693, 48.). 966

1687. LAHIRE. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Parisiis; part. I.) . . . 965,5

1718. DE L'ISLE. (Paris, H & M, 1755, 160.). 960,7

1719. HALLEY, au micromètre. (*Halleius*, Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749) 965,25

1724. DE LOUVILLE. (Paris, H & M, 1724, 63) 962,6

1740. J. CASSINI. (Cassini, Elm, 127.). 962,5

1740. LE MONNIER, par des mesures micrométriques du diamètre vertical. (Paris, H & M, 1748, 389.) 968,6

1750. BRADLEY, communiqué dans une lettre à *De l'Isle*. (Paris, H & M, 1752, 440.) 960,25

1752. LEGENTIL. (Paris, H & M, 1752, 459.) 963

1754. LA CAILLE. (Paris, H & M, 1754, 46.). 963,4

1760. LALANDE, à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1760, 48.). 961,38

1761. Short, au micromètre. (Lalande, Ast_2, II, n° 1387; As $_3$, II, p. 113; d'après une communication manuscrite.) . . . . 960″

1766. Maskelyne, avec une lunette de 2m,4. (Maskelyne, Obs, I, 1776, 56; comparez I, 56; II, 119; III, 18.) 960

1767. T. Mayer. (Theoria Lunae, 4°, Londini, p. xxvj.) 963,1

1771. Lalande, par le passage de Vénus de 1769. (Lalande, Ast_2, II, n° 2159.) 958,0

1769. Williamson, par 6 mesures micrométriques. (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, réimpres. de 1789, p. 50.). 960,3

1769. B. West, par des mesures lors du passage de Vénus. (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, réimpres. de 1789, p. 96.) 964,8

1788. Von Zach, à l'héliomètre. (BaJ, 1793, 94) . . . , ... 963,0

1792. Piazzi. (Cité par *Rosa,* Studii intorno ai diametri solari, 4°, Roma, 1874; p. 95.). . . . , ... 958,4

1801. Quenot, par un millier d'observations au cercle à réflexion. (CdT, an xii, 416.). . . . . . . , ... 960,15

1805. A. Bouvard, moyenne de trois années d'observations. (MCz, XIX, 1809, 544.) . . . . , ... 963,15

1806. Piazzi, par les hauteurs méridiennes. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. vi, p. 63.). 961,235

1806 (?) Delambre, par les observations de *Maskelyne*. (Cité *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, vol. VIII, 1836, p. 813.) . . . . horizontal. 960,645
vertical. 963,788

1807. J. J. Littrow, par 252 observations à Cracovie. (BaJ, 1812, 182.) 960,99

1807. Von Zach, par de nouvelles mesures. (MCz, XVI, 194). 961,165

1809. Von Lindenau, par les observations de *Bradley* et de *Maskelyne*, de 1750 à 1786. (MCz, XIX, 541.) . . . . horizontal. 960,20
vertical. 962,97

1810. Von Lindenau, par plus de deux mille observations de passages, et plus de deux mille observations de hauteurs, à Greenwich, de 1765 à 1798. (MCz, XXI, 481.) . . . . horizontal. 960,55
vertical. 962,91

1814. DELAMBRE, résultat d'une dernière discussion. (Delambre, Ast, II, 620.) . . . . 661",0

1818. De CESARIS, par les observations au mural de Milan, de 1791 à 1812. (EfM, 1819, 3.). 962,02

1823. WURM, par l'éclipse du 7 déc. 1820. (BaJ, 1823, 102.) 958,05

1824. LAPLACE. (Exposition du système du monde, 5e éd., 2 vol. 4°, Paris; vol. I, liv. I, ch. 2.) 961,63

1824. F. STRUVE, par les observations méridiennes de Dorpat jusqu'à la fin de 1823. (BaJ, 1827, 211.) . . . . horizontal. 960,90
vertical. 960,37

1830. BESSEL, par 1698 passages de Soleil à Köningsberg, de 1820 à 1828. (Bessel, Tab, *l*) 960,90

1831. BIANCHI, par des passages et par des hauteurs. (ANn, IX, 1831, 370.) 965,732

1832. CARLINI, dans ses tables du Soleil. (EfM, 1833, 81.) 961,65

1833. BESSEL, par des mesures micrométriques. (ANn, X, 190.) 950,879

1835. ENCKE, par le passage de Vénus de 1769. (Berlin, Abh, 1835, Math, 295. — Comparez : *Encke*, Der Venusdurchgang von 1769, 8°, Gotha, 1824 ; p. 95.) 958,42

1836. T. G. TAYLOR, par 2798 passages à Madras. (*Taylor*, Results of astronomical observations made at the Observatory at Madras, 4°, Madras ; vol. IV.) 961,83

1843. LE VERRIER, par les passages de Mercure. (JdM_1, VIII, 356.) . . . 960,01

1852. F. STRUVE, par 241 passages à Dorpat, de 1822 à 1838, et par 219 hauteurs ibid. (*F. Struve*, Positiones mediae, fol., Petropoli; p. xxxiij.) 960,66

1853. GOUJON, par 1575 passages à l'Observatoire de Paris de 1835 à 1848. (Paris, Crh, XXXVI, 255.). 962,01

1853. HANSEN & OLUFSEN. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague; p. 165.). . 961,19

1855. AIRY, par les observations de passages. (Greenwich, Obs, 1853, lxxviij.) 961,82

1858. LE VERRIER, par 200 passages méridiens de *Bradley* de 1750 à 1758. (Paris, MOb, IV, 64.) 961,84

1858. LE VERRIER, par les passages méridiens de Greenwich de 1836 à 1850. (Paris, MOb, IV, 68.) 961,71

1858. Le Verrier, par les observations de *Maskelyne* de 1800 à 1810. (Ibid.) . . . . horizontal. 961",08
vertical. 963,21

1862. Airy, par les observations méridiennes de Greenwich de 1836 à 1850. (**London, MNt, XXII, 83.**) . . . . horizontal. 961,84
vertical. 961,79

1862. Airy, par les observations méridiennes de Greenwich de 1851 à 1860. (Ibid.) . . . . horizontal. 961,38
vertical. 961,33

1871. Powalky, en discutant les passages de Vénus de 1761 et de 1769. (**ANn, LXXVII, 271.**) 959,84

1873. Mazzola, par 75 passages méridiens de Turin, corrigés pour les agrandissements factices. (**Torino, Att, VIII, 587.**) 958,65

1875. Fugh, par 6827 observations de Greenwich de 1836 à 1853, faites avec trois instruments, et ne donnant qu'une ellipticité insensible du disque. (**ANn, LXXXV, 1875, 380.**). 961,495

1880. Respighi, par 113 passages de 1878 et 1879. (**Roma, Mem. VIII, 593 et 598.**) . . . . horizontal. 961,13

1881. Holden, par 1863 passages et 1826 hauteurs de Greenwich et de Washington. (Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington; vol. XX, app. i.) . . . . horizontal. 961,254
vertical. 961,282

Piazzi croyait avoir des raisons de penser que le diamètre horizontal du Soleil surpasse un peu le diamètre vertical (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. vi, 1806, p. 64). Mais on a vu, par les résultats qui viennent d'être rapportés, que les observations, en se perfectionnant, ont ramené les signes d'ellipticité dans les limites des erreurs des mesures. Voyez à ce sujet :

1980. Airy, G. B. On the circularity of the Sun's disk. **London, MNt, XXII, 1862, 79.**

On a agité, dans ces derniers temps, la question de savoir si le diamètre du Soleil est invariable.

Von Lindenau, en discutant les observations de *Maskelyne* à Greenwich, avait soupçonné une période semi-annuelle, les maxima tombant en mars-avril et septembre-octobre, et les minima en juin-juillet et décembre-janvier. (**MCz, XXIII, 1811, 154.**)

Le même astronome avait aussi groupé les observations de *Maskelyne*, d'après leurs dates, et trouvait ainsi des valeurs progressivement décroissantes (MCz, XXIII, 1811, 135) :

En 1765-1776.	961",66
» 1776-1787.	960,22
» 1787-1798.	959,77

Rosa a repris la question, plus récemment, et il a cherché à montrer, par la comparaison de différentes mesures, que le diamètre du Soleil n'est pas invariable. Ses recherches sont exposées en détail dans son ouvrage :

1981. Rosa, P. Studii intorno ai diametri solari; 4°, Roma, 1874.

Mais l'opinion contraire a été soutenue par

1982. Auwers, A. Ueber eine angebliche Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers. Berlin, Mbr, 1873, 502.

Sur le diamètre du Soleil observé au spectroscope, on verra :

1983. Secchi, A. Sul diametro del Sole osservato allo spettroscopio. Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. XV, 1876, p. 17.

Et

1984. Tacchini, P. Diametro solare spettroscopico e ordinario.

Dans son ouvrage : Il passagio di Venere sul Sole, 8°, Palermo, 1875; p. 85.

§ 161. PARALLAXE.

Les anciens ne disposaient pas de moyens assez délicats pour déterminer une quantité angulaire aussi petite que la parallaxe du Soleil. Leurs mesures ne donnaient pour ainsi dire que les limites des erreurs de leurs observations. On voit, en effet, dans le tableau suivant, la parallaxe diminuer, à mesure du perfectionnement des instruments. Bien que les mesures anciennes aient été par le fait purement illusoires, il nous a paru de quelque intérêt de les conserver, précisément pour montrer les limites d'exactitude des méthodes et des instruments en différents temps.

Valeurs attribuées à la parallaxe horizontale équatoriale du Soleil.

—270 ∓ ARISTARQUE de Samos, par l'élongation de la Lune au moment de la dichotomie. (*Aristarchus,* De magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae [G]; reprod. : *Wallis,* Opera mathematica, t. III, p. 569.) . . . . Au plus 180″

—150 ∓ HIPPARQUE, par les dimensions du cône d'ombre de la Terre dans les éclipses de Lune. (*Theon,* Commentarii in Ptolemaei compositionem [G]; lib. v, cap. 11.) . . . . 115 à 140

— 20 ∓ POSIDONIUS. (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 23. — Comparez : Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4; lib. v, cap. 15.). 105

136. PTOLÉMÉE, par l'ombre de la Terre. (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 17.) 170

860 ∓ ALFRAGAN. (*Alfraganus,* Rudimenta astronomiae [A]; dis. 21.) . 141

920 ∓ ALBATEGNI, par l'ombre de la Terre. (*Albategnius,* De motu stellarum [A]; cap. 30.) 187

1100 ∓ Les HINDOUX. (*Burgess,* Translation of the Sûrya-Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 127.) 240

1470 ∓ REGIOMONTANUS. (*De Monte Regio,* Epytoma in Almagestum Ptolemaei, fol., Venetiis; lib. v.) 180

1528. FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. I, cap. 7.) 160

1543. MAUROLICO. (*Maurolycus,* Cosmographia, 4°, Venetiis; in fine.). . 177

1543. COPERNIC, par l'ombre de la Terre. (Copernicus, Rev, lib. IV, cap. 19.) 175

1561. NEANDER. (Elementa doctrinae sphericae, 8°, Basileae; p. 124.). . 176

1570. CLAVIUS. (Commentarius in sphaeram Joannis a Sacro-Bosco; édit. 4°, Romae, 1606, p. 215.) 177

1570. BAROZZI. (*Barocius,* Cosmographia, 4°, Venetiis; lib. I.) 177

1570. OFFUSIUS. (De divina astrorum facultate, 4°, Parisiis.). 179

1596. MAESTLIN. (*Keplerus,* Prodromus dissertationum cosmographicarum, 4°, Tubingae; append. — Réimp., fol., Francofurti, 1621.) . . 176

1598. MAGINI. (*Maginus,* lib. I, cap. 3; lib. II, cap. 24.) 180

1602. T. BRAHÉ, par l'ombre de la Terre. (Brahaeus, AiP, 415; Brahae, Opa, 1648, 278.) 180

1620. Képler, par la parallaxe diurne de Mars. (Keplerus, Epi, lib. iv, part. i, n° iv. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 526.) 60″

1620. Biancani. (*Blancanus,* Sphaera mundi, 4°, Bononiae; lib. x, cap. 1.) 180

1622. Longomontanus, par l'ombre de la Terre. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; theoric., lib. i, cap. 9.) 160

1632. Galilée. (*Galilei,* Dialogo sopra i due sistemi massimi, 4°, Fiorenze; part. iii. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, 391.) 171

1632. Lansberg. (*Lansbergius,* Uranometria, 4°, Middelburgi; proleg. et element., lib. ii, cap. 11.) 138

1642. Bettini. (*Bettinus,* Apiaria universae philosophiae mathematicae, 2 vol. fol., Bononiae; t. II, apiar. x, progymn. 1.) 180

1644. Mut. (*Mutus,* Tractatus de Sole alphonsino restituto, 4°, Majoricae; n° 30.) 145

1644. Wendelin. (*Wendelinus,* Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae idea.) 14

1645. Boulliau, par l'ombre de la Terre. (Bullialdus, Aph, lib. iv, cap. 1, et Tabul., p. 11.) 141

1645. Rheita. (*Schyrlaeus de Rheita,* Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; lib. iv.) 104

1646. Kircher. (Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae; lib. ix, prob. 9.) 106

1650 ∓ Van Langren. (Ricciolus, Alm, I, 1651, 110.) 59

1651. Riccioli, par la dichotomie lunaire. (Ricciolus, Alm, I, 109, 754.). 28

1672. Flamsteed, par la parallaxe diurne de Mars. (London, PTr, 1672, 5118 et 6100.) 10

1672. J. D. Cassini, par la parallaxe diurne de Mars. (Paris, ROb, 1693; observ. de 1671, p. 11. — Comparez : Paris, His, VIII, 1731, 107.) 10,2

1672. J. D. Cassini, par les hauteurs de Mars à Cayenne et à Paris. (Paris, ROb, 1693; les élém. de l'astron, p. 34. — Comparez : Paris, His, VIII, 1731, 114.). 9,5

1679. Halley, par la parallaxe diurne de Mercure. (*Halleius,* Catalogus stellarum australium, 4°, Londini; appendicula.). 45

1679. Halley, par le passage de Mercure de 1677. (Ibid.). 25

1681. J. D. Cassini & Picard, par le passage de Vénus de cette année. (Paris, His, I, 1733, 331.) 10,7

1687. Lahire, par la parallaxe diurne de Mars. (*Lahire,* Tabulae astronomicae, part. I, 4°, Parisiis; p. 6.). . . . . 6″

1719. Pound & Bradley, par la parallaxe diurne de Mars, avec une lunette de 4m,5 (London, PTr, 1719, 1111; 1720, 114. — Comparez : *Bradley,* Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 353). 10,5

1722. J. P. Maraldi, par la parallaxe diurne de Mars, en 1704 et en 1719. (Paris, H & M, 1706, 74; 1722, 216.) 10

1729. Machin, par le mouvement du nœud de la Lune. (*Machin,* The laws of the Moons motion according to gravity, p. 22; imprimé à la suite de la traduction anglaise de *Motte* des Principia de *Newton,* 2 vol. 8°, London [voir sous notre n° 1393, § 111.]) 8

1736. J. Cassini, par la parallaxe diurne de Mars, comparé à μ Piscium. (Paris, H & M, 1739, 219.) 13

1746. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, ch. 10.) 15

1751. La Caille, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et en Europe. (Éphémérides des mouvements célestes, 4°, Paris; t. VI, pour les années 1765-1774, introd., p. 1.). 10,2

1751. La Caille, par les hauteurs de Vénus au Cap de Bonne-Espérance et en Europe. (Ibid.) 10,25

1751. Bradley, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Greenwich. (Paris, H & M, 1752, 438.) 10,3

1751. Garipuy, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Toulouse. (Histoire et mémoires de l'Académie de Toulouse, 4°, Toulouse; t. I, 1782, p. 289.). 8,5

1753. T. Mayer, par l'équation parallactique de la Lune. (*Mayer, T.,* Theoria Lunae juxta systema newtonianum; 4°, Londini, 1767.) 8

1763. Hornsby, par le passage de Vénus de 1761. (London, PTr, 1763, 494.) 9,75

1763. Short, par le passage de Vénus de 1761. (London, PTr, 1763, 340; comparez : 1763, 1.) 8,56

1763. M. Stewart, par l'équation parallactique de la Lune. (*M. Stewart,* The distance of the Sun from the Earth determined by the theory of gravity, 8°, Edinburgh; p. 67.) 6,9

1763. Pingré, par le passage de Vénus de 1761. (Paris, H & M, 1765, 32.). 10,10

1765. AUDIFFREDI, par le passage de Vénus de 1761. (*** Investigatio parallaxis Solis, 4°, Romae.). . . . . 9",25

1768. PLANMAN, par le passage de Vénus de 1761. (London, PTr, 1768, 127.) 8,49

1770. L. EULER, par le passage de Vénus de 1769. (Petropolis, NCi, XIV, II, 1770, 518.) 8,82

1771. HORNSBY, par le passage de Vénus de 1769. (London, PTr, 1771, 579.) 8,78

1771. J. J. DE LALANDE, par le passage de Vénus de 1769. (Paris, H & M, 1771, 798.) 8,62

1771. WILLIAMSON, par le passage de Vénus de 1769. (Transactions of the American philosophical society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, réimpr. 1789, p. 71.) 8,65

1772. PINGRÉ, par le passage de Vénus de 1769. (Paris, H & M, 1772, 419.) 8,80

1772. PLANMAN, par le passage de Vénus de 1769 (Stockholm, Hdl_1, 1772, 183, 358. — En allemand : Hdl_1', 1772, 179, 333.) 8,43

1773. LEXELL, par le passage de Vénus de 1769. (Petropolis, NCi, XVII, 609.) 8,63

1773. HELL, par le passage de Vénus de 1769. (*Hell*, De parallaxi Solis ex observationibus transitus Veneris anni 1769; 8°, Viennae, 1773.). 8,70

1781. DUSÉJOUR, par le passage de Vénus de 1769. (Paris, H & M, 1781, 330. — Reprod. : Duséjour, TaM, I, 1786, 486.) 8,84

1783. DUSÉJOUR, par les hauteurs de Mars de *La Caille* au Cap, comparées à celles d'Europe. (Paris, H & M, 1783, 289. — Reprod. : Duséjour, TaM, I, 568.) 9,473

1784. WALLOT, par le passage de Vénus de 1769. (London, PTr, 1784, 328.) 8,7

1802. LAPLACE, par l'équation parallactique de la Lune. (CdT, an XII [1804], 496.) 8,56

1814. DELAMBRE, par le passage de Vénus de 1769. (Delambre, Ast, III, 506 et I, XLIV.) 8,552 5

1822. ENCKE, par le passage de Vénus de 1761. (*Encke*, Die Entfernung der Sonne von der Erde, 8°, Gotha.) 8,551

1824. Encke, par le passage de Vénus de 1769. (*Encke*, Der Venusdurchgang von 1769, 8°, Gotha.) . . . . 8",577 6

1826. Bürg, par l'équation parallactique de la Lune. (ANn, IV, 24.) . . 8,620

1832. Plana, par l'équation parallactique de la Lune. (*Plana*, Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 15.). . . . 8,629

1833. Ferrer, par le passage de Vénus de 1769. (London, MAS, V, 285) . 8,60

1835. Encke, par les passages de Vénus de 1761 et de 1769 réunis. (Berlin, Abh, 1835, Math, 309.) 8,571

1835. Henderson, en comparant ses observations de Mars du Cap de Bonne-Espérance à celles d'Europe. (London, MAS, VIII, 103.). . . . 9,028

1836. T. G. Taylor, par les observations de Mars à Madras comparées à celles d'Europe. (*Taylor*, Results of astronomical observations made at the Observatory at Madras, 4°, Madras; vol. III, p. 71) . 8,595

1856. Gilliss & Gould, par les hauteurs de Mars en 1849-1850, observées au Chili et dans l'hémisphère septentrional. (*Gilliss*, The U. S. naval astronomical expedition to the Southern hemisphere, 3 vol. 4°, Washington; vol. III, p. clxxxviij.). 8,495 0

1857. W. C. Bond, par la parallaxe diurne de Mars. (AJl, V, 53.) . . . 8,605

1858. Le Verrier, par l'équation parallactique de la Lune. (Paris, MOb, IV, 101.) 8,95

1862. Lubbock, d'après l'équation parallactique de la Lune déterminée par *Airy*. (London, MAS, XXX, 7.) 8,810 3

1862. Foucault, par la mesure expérimentale de la vitesse de la lumière, comparée au chiffre de l'aberration. (Paris, Crh, LV, 502.) . . 8,86

1863. Hansen, par l'équation parallactique de la Lune et la parallaxe de cet astre. (London, MNt, XXIII, 243.) 8,97

1863. Winnecke, par les hauteurs de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Poulkova. (ANn, LIX, 264.). 8,964

1863. J_2. Ferguson, par les observations de Mars au Chili, comparées à celles d'Albany, de Washington et d'Upsal. (Washington, Obs_2, 1863, app, lxxxij.). 8,778

1864. Hansen, par l'équation parallactique de la Lune et l'intensité de la pesanteur. (London, MNt, XXIV, 13.) 8,915 9

1864. Powalky, par le passage de Vénus de 1769. (*Powalky*, Neue Untersuchungen des Venusdurchgang von 1769, 4°, Kiel. — En français : CdT, 1867, 22.) 8.832

1865. E. J. Stone, par les observations de Mars au Cap de Bonne-Espérance et à Williamstown, comparées à celles de Greenwich. (London, MAS, XXXIII, 97.) . . . . 8",945

1865. A. Hall, par les observations de Mars en 1862 au Chili, comparées à celles de Washington et d'Upsal. (Washington, Obs_2, 1865, app., lxiv.) 8,841 5

1865. Liais, par le parallaxe diurne de Mars. (Paris, Crh, LX, 174.) . . 8,76

1867. Newcomb, par les observations de Mars en 1862 dans les deux hémisphères. (Washington, Obs_2, 1865, app. ii, 22.). 8,855

1867. Newcomb, par l'inégalité parallactique de la Lune. (Ibid., p. 25.). . 8,838

1867. Newcomb, par l'équation lunaire de la Terre. (Ibid., p. 28.) . . . 8,809

1867. E. J. Stone, en corrigeant la détermination de *Hansen* fondée sur l'équation parallactique de la Lune. (London, MNt, XXVII, 259.). 8,916

1867. E. J. Stone, en corrigeant la détermination de *Le Verrier* indiquée plus haut à la date 1858. (London, MNt, XXVII, 241.) 8,91

1867. E. J. Stone, par l'équation parallactique de la Lune, tirée de 2075 observations de Greenwich. (London, MNt, XXVII, 271.) . . . 8,850

1867. H. Schultz, par les observations de Mars en 1862 à Santiago du Chili et à Upsal. (ANn, LXVIII, 109.) 8,87

1868. E. J. Stone, par le passage de Vénus de 1769. (London, MNt, XXVIII, 264.) 8,91

1870. Powalky, en discutant de nouveau le passage de Vénus de 1769. (ANn, LXXVI, 161.) 8,786 9

1872. Le Verrier, en employant la masse de la Terre donnée par le mouvement du périhélie de Mars. (Paris, Crh, LXXV, 165.) 8,866

1872. Le Verrier, en employant la masse de la Terre donnée par le mouvement du nœud de Vénus. (Ibid.) 8,853

1872. Le Verrier, en employant la masse de la Terre donnée par les variations séculaires de Vénus, telles qu'elles résultent de 106 ans d'observation. (Ibid.) 8,859

1872. Powalky, par la masse de la Terre déduite du mouvement du nœud de Vénus, comparée à la masse du Soleil. (ANn, LXXIX, 28.). . 8,74

1874. Cornu, par la vitesse de la lumière, comparée à l'aberration déterminée par *F. Struve*. (Paris, JEP, XXVII, 178 [cah. xliv.]) . . 8,854

1875. Galle, par les observations de Flora en 1873 dans les deux hémisphères. (ANn, LXXXV, 267.). 879

1875. V. Puiseux, par les observations de Péking et de St-Paul du passage de Vénus de 1874. (Paris, Crh, LXXX, 935.). 8,879

1876. Von Asten, en employant la masse de la Terre fournie par les perturbations de la comète de Encke. (Saint-Pétersbourg, Mém, XXVI, 1879, n° 2, p. 108.) 9,009

1876. Cornu, par une nouvelle détermination de la vitesse de la lumière. (Paris, MOb, XIII, A299. — Comparez : Paris, Crh, LXXXIV, 569.) 8,881

1877. Airy, par les observations de contact au passage de Vénus en 1874. (Report on the telescopic observations of the transit of Venus of 1874, made in the expedition of the British government, 4°, London; p. 7.) 8,760

1877. Gill, par la parallaxe diurne de Junon, à Maurice, en 1874. (Dun Echt Observatory publications, 4°, Aberdeen; vol. II, divis. I, p. 211.) 8,765

1878. E. J. Stone, par les observations d'entrée et de sortie, faites par les astronomes anglais, au passage de Vénus de 1874. (London, MNt, XXXVIII, 346.) 8,88

1878. Tupman, par le passage de Vénus de 1874. (London, MNt, XXXVIII, 455.) 8,846

1878. Tupman, par les photographies du passage de Vénus de 1874; moyenne entre ses mesures et celles de *Burton*. (London, MNt, XXXVIII, 511, 512.) 8,165

1879. M. Hall, par la parallaxe diurne de Mars à la Jamaïque, en 1877. (London, MAS, XLIV, 121.) 8,789

1880. Downing, par les observations de Mars à Melbourne et à Leide. (ANn, XCVI, 128.) 8,960

1881. Gill, par la parallaxe diurne de Junon en 1877, à l'Ascension. (London, MNt, XLI, 323.) 8,78

1881. E. J. Stone, par les observations d'entrée et de sortie, faites par les astronomes français, au passage de Vénus de 1874. (London, MNt, XLI, 328.). 8,88

1881. Hardy, en recalculant les observations de *Gill* à l'Ascension. (London, MNt, XLI, 420.) 8,79

1881. V. Puiseux, par les observations de contact faites pendant le passage de Vénus de 1874. (Paris, Crh, XCII, 486, 487.). . . . . . 8",91

1881. Tisserand, en employant la masse de la Terre, résultant des perturbations de Vénus. (Paris, Crh, XCII, 658.) 8,85

1881. Todd, par les photographies américaines du passage de Vénus de 1874. (AJS_3, XXI, 491.) 8,883

1881. Eastman, par les observations de Mars en 1877, dans les deux hémisphères. (Washington, Obs_2, 1877 ; app.) 8,953

Les dimensions absolues du Soleil résultent de sa parallaxe et de son diamètre apparent. C'est un élément conclu, qui dépend des valeurs que l'on adopte pour ces deux données fondamentales. Il n'entre pas dans notre plan d'aborder ce genre de déductions.

Les anciens, qui mesuraient grossièrement le diamètre apparent de l'astre, mais qui n'avaient pas de procédé assez précis pour évaluer, même approximativement, sa parallaxe, ne pouvaient rien conclure de plausible, quant aux dimensions absolues du Soleil. Parmi les philosophes et les astronomes de l'antiquité, qui ont affirmé que le volume du Soleil est considérable relativement à celui de la Terre, on peut nommer, au — VI[e] siècle, *Anaximandre* (*Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 20, 22; *Diogenes Laertius*, De vitis... clarorum philosophorum [G], lib. II, cap. 1) et *Pythagore* (*Plutarchus,* loc. cit.); au — III[e], *Archimède* (De numero arenae [G]); au — II[e], *Hipparque* (Ptolemaeus, MCo, lib. V, cap. 14); et au II[e] siècle de notre ère, *Ptolémée* (loc. cit.).

§ 162. ROTATION.

Il ne faut pas confondre la découverte de la rotation du Soleil avec celle de ses taches. Celles-ci avaient été remarquées, sans que d'abord on se rendit compte soit de leur véritable relation avec le corps de l'astre, soit de la cause de leur mouvement apparent.

Ce fut Jean *Fabricius*, de Oosteel en Frise, qui reconnut le premier que les taches appartiennent au globe du Soleil, et que leur déplacement indique la rotation continue de ce globe. Voyez :

1985. Fabricius, J. De maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione narratio; 4°, Wittembergae, 1611.

Une grande partie de cette dissertation, devenue excessivement rare, a été reproduite par *Lalande,* dans : Paris, H & M, 1778.

Valeurs attribuées aux éléments de la rotation du Soleil

Temps de la rotation tropique, ou retour à la même longitude.	Longitude du nœud ascendant.	Date de l'équinoxe auquel cette longitude est rapportée.	Inclinaison.

1630. Scheiner. (Rosa Ursina, fol., Bracciani; p. 562.)

25^j	70°	1626	7°

1676. Halley. (Cité par *R. Wolf,* Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 309.)

$25^j\ 9^h\ 30^m$	»	»	»

1680. Flamsteed. (The doctrine of the sphere, pref. — Traité annexé au « New system of mathematiks » de Jonas *Moore,* 2 vol. 4°, London, 1681.)

$25^j\ 6^h$	75°	1680	8°

1701. J. D. Cassini. (**Paris, H & M, 1701, his, 102; 1703, 113.** — Comparez : **J. Cassini, Elm, 1740, 105.**)

$25^j\ 14^h\ 8^m$	68°	1690	7° 30′

1738. De l'Isle. (Mémoires pour servir à l'histoire et au progrès de l'astronomie, 4°, St.-Pétersbourg; p. 178.)

»	56°	1713	6° 33′

1769. Kaestner, par les observations de *De l'Isle.* (**Gotinga, NCi, I, 110.**)

$25^j\ 19^h$	64°	1713	6° 51′

1776. J. J. de Lalande. (**Paris, H & M, 1776, 496, 497; 1778, 423.**)

$25^j\ 10^h\ 0^m$	77° 53′	1775	7° 20′

1777. Lambert, par les observations de *Lahire* de 1705. (**BaJ, 1780, 61.**)

$24^j\ 20^h\ 20^m$	»	»	»

1777. Fixlmillner. (**BaJ, 1780, 189, 190.** — Comparez : *Fixlmillner,* Decennium astronomicum continens observationes in specula Cremifanensi factas, 4°, Styrae, 1775; p. 27.)

»	81° 44′	1767	7° 8′ 30″
$25^j\ 13^h\ 33^m,5$	79 52	1776	6 19 14

1778. Reggio, par les observations de *De Cesaris.* (**EpM, 1779, 153, 154.**)

$24^j\ 2^h\ 58^m$	67° 8′	1777	7° 28′

	Temps de la rotation tropique, ou retour à la même longitud.	Longitude du nœud ascendant.	Date de l'équinoxe auquel cette longitude est rapportée.	Inclinaison.
1785. **Cagnoli.** (Paris, Mpr_1, X, 467.)				
	»	77° 50′	1780	7° 15′
1785. **Boscovich.** (Opera pertinentia ad opticam et astronomiam, 5 vol. 4°, Bassani; vol. V, p. 144, 141, 137.)				
	26j 18h 29m	75° 9′	1778	7° 44′
1801. **Flaugergues.** (CdT, an XI [1803], 367.)				
	25j 1h 0m,26	78° 13′ 5″	1799	7° 17′ 58″
1814. **Delambre**, par les observations de *Lalande.* (Delambre, Ast, III, 54.)				
	25j 0h 16m,6	80° 7′ 4″	1775,5	7° 19′ 23″
1816. **Eynard.** (Bun_1, II, juil. — Comparez : Annales de chimie et de physique par *Gay-Lussac & Arago*, 8°, Paris; t. III, 1816, p. 95.)				
	25j 9h 26m	»	»	»
1819. **Mossotti.** (EfM, 1821, 78.)				
	25j 10h 13m	»	»	»
1820. **Bianchi.** (Cas, V, 529.)				
	25j 4h 19m,2	70° 30′	1817,0	7° 14′
1828. **Thilo.** (De tabulis iconographicis quibus maculae Solis a *T. a Soemmering* observatae adumbrantur, 4°, Francofurti ad Moenum; p. 16, 17.)				
	25j 10h	68° 0′	1827,0	7° 30′
1841. **Laugier.** (Paris, Crh, XII, 649.)				
	25j 8h 9m,6	75° 8′,0	1840,0	7° 9′,2
1841. **Petersen.** (ANn, XVIII, 158.)				
	25j 4h 30m	75° 29′ 0″	1841,0	6° 50′ 40″
1846. **Kysaeus.** (Ueber Axendrehung der Sonne, 4°, Siegen.)				
	25j 2h 10m	76° 38′	1841,0	6° 38′

Temps de la rotation tropique, ou retour à la même longitude.	Longitude du nœud ascendant.	Date de l'équinoxe auquel cette longitude est rapportée.	Inclinaison.
1847. J. B. Biot, d'après trois observations de *Messier*. (*Biot*, Traité d'astronomie physique, 3e éd., 5 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 570.)			
$25^j\ 12^h\ 59^m,4$	70° 44′ 44″	1777	6° 21′ 33″
1851. Wichmann. (ANn, XXXII, 73.)			
$25^j\ 12^h\ 32^m$	83° 46′,8	1846	7° 44′,6
1852. Boehm. (Wien, Stz, V, 150.)			
$24^j\ 12^h\ 30^m$	70° 47′	1833,0	6° 57′
1863. Carrington. (Observations of the spots on the Sun, 4°, London; p. 225, 244.) — La rotation est celle sous l'équateur.			
$24^j\ 23^h\ 19^m,4$	73° 28′	1854,0	7° 17′
1865. Schwabe. (ANn, LXIV, 152.)			
$25^j\ 5^h$	»	1848,5	7° 17′,7
1867. Faye, en discutant les observations de *Carrington*. (Paris, Crh, LXIV, 208.) — Rotation sous l'équateur.			
$25^j\ 4^h\ 29^m,3$	»	»	»
1868. Spoerer. (Leipzig, Pub, XIII, 5.)			
$25^j\ 5^h\ 37^m$	74° 36′	1866,5	6° 58′

Les déterminations qui précèdent sont directes. Il n'est peut-être pas sans intérêt d'ajouter que, par la discussion de différentes déterminations, *R. Wolf* conclut (WfA, III, 1860, 400; et *R. Wolf*, Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 309) que la durée de la rotation est respectivement :

Après un minimum des taches.	25^j	14^h	$22^m,6$
Vers un maximum —	25	7	14	9
Avant un minimum —	25	4	48	0

D'autre part, d'après la période de la déclinaison magnétique à Prague et à Vienne, *Hornstein* a trouvé (Wien, Stz, LXIV, 1871, II, 73) :

$24\ 13^h$.

Plus anciennement, *Nervander* avait eu l'idée (Saint-Pétersbourg, Bul_2, III, 1845, n° 49) qu'on pourrait découvrir, dans les observations de température, une période correspondant à la rotation du Soleil. En discutant les observations thermométriques de Paris des années 1816 à 1839, il avait trouvé une légère inégalité, dont le retour périodique indiquerait pour la rotation tropique du Soleil une durée de

$$25^j\ 8^h.$$

Les observations néerlandaises de 1729 à 1846 donnaient à *Buys Ballot* (Les changements périodiques de température; 4°, Utrecht, 1847), le chiffre de

$$25^j\ 18\tfrac{3}{4}^h.$$

La rotation tropique de 25^j 8^h satisferait, selon *Carlini* (Giornale dell'Istituto lombardo di scienze, lettere ed arti, 8°, Milano; t. VI, 1845, p, 475), aux variations dans la marche des températures de Milan de 1835 à 1844, et suivant *d'Arrest* (ANn, XXXVII, 1854, 266) à celles dans la marche du thermomètre de Konigsberg de 1827 à 1837. Mais *Airy*, en discutant les observations de température faites à Greenwich, de 1848 à 1853, n'y voit pas la confirmation d'une période correspondant à la rotation du Soleil (ANn, XXXIX, 1855, 339).

Au reste, ces dernières recherches rentrent plutôt dans le domaine de la Météorologie et de la Physique du globe. On étendrait outre mesure le champ de l'Astronomie, si l'on y comprenait les effets divers du Soleil sur le globe terrestre, sur les corps qui composent ce globe, et sur les phénomènes physiques que l'action solaire détermine à la surface de la Terre.

Scheiner avait remarqué, dès 1626, qu'à la surface du Soleil la vitesse de rotation n'est pas égale pour toutes les taches. Il en avait vu traverser le disque en 14 jours, et d'autres en 16. Il croyait que les taches australes tournent plus vite que les boréales. (Rosa ursina, fol., Bracciani, 1630; p. 260.)

Dans ce qui suit, la lettre λ représente la latitude héliocentrique. La vitesse angulaire de rotation, en un jour, serait exprimée, d'après différents astronomes, par les formules suivantes :

1863. CARRINGTON. (Op. cit., p. 224.)

$$865' - 165' \sin^{\frac{7}{4}} \lambda.$$

1865. FAYE, en discutant les observations de Carrington. (Paris, Crh, LX, 816.)

$$862' - 186' \sin^2 \lambda.$$

1867. SPÖRER. (ANn, LXVIII, 49.)

$$1\,011',0 - 202',8 \sin (\lambda + 41° 13').$$

1867. Faye. (Paris, Crh, LXIV, 208.)

$$857',6 - 157',3 \sin^2 \lambda.$$

1872. Zöllner, en discutant les observations de Carrington. (ANn, LXXVIII, 21.)

$$\frac{863',8 - k \sin^2 \lambda}{\cos \lambda},$$

$$\text{où} \quad k = \begin{cases} 613',2 \text{ dans l'hémisphère Nord,} \\ 631',1 \quad - \quad \text{Sud.} \end{cases}$$

Si l'on s'en rapportait aux observations de *C. A. Young* sur le déplacement de la raie D, l'atmosphère du Soleil tournerait plus rapidement que le corps de l'astre :

1986. Young, C. A. Observations on the displacement of lines in the solar spectrum caused by the Sun's rotation. AJS_3, XII, 1876, 321. — Reproduit : Spettr. ital, Mem, V, 1876, 143.

Sur l'effet de la réfraction dans l'atmosphère du Soleil, pour altérer les apparences de la rotation, on peut consulter les travaux suivants :

1987. Dauge, F. Note sur la rotation du Soleil. Bruxelles, Bul_2, XXI, 1866, 142.

1988. Peters, C. H. F. Zur Refraction auf der Sonne. ANn, LXXI, 1868, 241.

1989. Spoerer, G. F. W. Ueber Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre. ANn, LXXXVIII, 1876, 139.

Si les taches sont des cavités, il faut aussi tenir compte de leur parallaxe de profondeur, ainsi que l'a remarqué

1990. Faye, H. Sur une inégalité du mouvement apparent des taches solaires, causée par leur profondeur. Paris, Crh, LXI, 1865, 1082.

Zöllner croit que les taches changent de forme, et que notamment elles s'allongent dans le sens de la rotation du parallèle; voyez

1991. Zöllner, J. C. F. Ueber das Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten. Leipzig, Ber, XXIII, 1871, 49. — Reproduit : ANn, LXXVIII, 1872, 1.

On trouve, dans les « Memorie » des Spectroscopistes italiens, des tables propres à faciliter la réduction des observations soit des taches, soit des protubérances du Soleil. Ce sont :

1992. **Secchi, A.** Tavola per la determinazione del angolo di posizione dell'equatore solare rispetto al circolo di declinazione. **Spettr. ital, Mem, I, 1872, 59.**

1993. **Lorenzoni, G.** Tavole per convertire l'angolo di posizione di un punto del bordo solare nella corrispondente distanza polare eliografica. **Spettr. ital, Mem, I, 1872, 17.**

§ 163. ASPECT DE LA SURFACE SOLAIRE.

Avant l'invention du télescope, on a vu parfois, d'une manière plus ou moins distincte, des taches ou des groupes de taches sur le Soleil. Ces observations se présentent sous plusieurs formes. La première est celle d'offuscations ou d'obscurcissements partiels du Soleil. On trouvera des renseignements à ce sujet dans **Ricciolus, Alm, I, 1645, 97,** et dans *Costard,* The history of Astronomy, 4°, London, 1767; p. 182.

D'autres fois on a cru à des passages de Mercure devant le Soleil, notamment en 807, comme on le voit dans les historiens de Charlemagne, et le 28 mai 1607, où *Képler* lui-même s'y trompa : **Lalande, Ast_2, III 1771, 388**; reproduit : **Lalande, Ast_3, III, 1792, 284.**

On s'est imaginé aussi apercevoir Vénus sur le Soleil. Ainsi en 839, *Alkindi,* en latin *Alchindius,* avait cru faire l'observation d'un passage de cette planète. (*L. A. Sédillot,* Prolégomènes des tables d'Oulough-Beg, 2 vol. 8°, Paris ; t. I, 1849, introd., p. xviij). Mais l'objet noir qu'il avait vu sur le disque ne pouvait être qu'une tache, assez grande pour être aperçue à l'œil nu.

L'observation d'obscurcissements ou de taches sur le Soleil avait d'ailleurs été faite dans des contrées fort différentes, notamment en Chine, à diverses époques, dont la plus ancienne est l'an 301. Entre cette date et le commencement du XIII[e] siècle, la grande encyclopédie de *Ma-touan-lin* contient quarante-cinq mentions de ces phénomènes (*Williams, J.,* Chinese observations of solar spots, dans: **London, MNt, XXXIII, 1873, 370**). L'existence de parties obscures sur le Soleil avait été reconnue très-anciennement par les indigènes du Pérou (*Acosta, d',* Historia natural y moral de las Indias, 8°, Barcelona, 1590; lib. I, cap. 2). Les Arabes ont signalé des offuscations prolongées du Soleil, entre autres en 535 et en 626 (*Abulfaragius,* Historiae compendium dynastarum, 4°, Oxonii, 1663; p. 94, 99). Sur les observations des taches du Soleil par les Arabes, voyez *Assemann*[*us*], Globus cœlestis cufico-arabicus, 4°, Patavii, 1790; p. xxxix et suiv.

En Europe, la plus ancienne mention d'une tache sur le Soleil, tache qui avait été

prise pour Mercure, est dans un chroniqueur anonyme du VIII[e] siècle (*Reuber*[*us*], *J.*, Scriptorum veterum qui caesarum et imperatorum germanicorum res per aliquot saecula gestas litteris mandarunt tomus unus, fol., Francofurti, 1583; réimpr., fol., Hanoviae, 1619; p. 27. — Nouv. édit., fol., Francofurti-ad-Moenum, 1726, p. 58). Au sujet de différentes observations des taches du Soleil, avant l'existence du télescope, voyez une lettre de *von Murr,* dans **MCz, XV, 1807, 568**; ainsi que **Humboldt, Kos, III, 1851, 412 (Cos, III, 1852, 668).**

Ce fut l'instrument nouveau, inventé en Hollande vers 1607, qui permit d'étudier d'une manière scientifique la surface solaire. *Galilée* paraît avoir vu, pour la première fois, les taches du Soleil, au mois d'octobre 1610 (*Brewster*, The martyrs of science, 2[e] éd., 8°, London, 1846; p. 56, 59. — *Nelli,* Vita e commercio letterario di Galilei, 2 vol. 4°, Lausanne; t. II, 1793, p. 324-384). Mais il ne s'était pas rendu compte de la nature du phénomène. *Jean Fabricius* remarqua peut-être ces taches vers la fin de l'année 1610 (*Brewster*, l. c.); il est certain qu'il les observait en mars 1611 (*Fabricius, J.*, De maculis in Sole observatis, 4°, Wittembergae, 1611) : *Scheiner* (*Apelles,* De maculis solaribus, 4°, Augustae Vindelicorum, 1612) reporte sa découverte des taches au mois d'avril 1611; toutefois il ne s'était pas non plus rendu compte d'abord de ce qu'il voyait. Quant à *Harriot*, dont *Zach* (**BaJ, 1788, 155**) avait cru pouvoir faire remonter les observations des taches à décembre 1610, et dont *Rigaud* a examiné les manuscrits (*Rigaud,* Account of Harriot's astronomical papers, à la suite de son Supplement to Dr Bradley's miscellaneous works, 4°, Oxford, 1833), il ne les a vues réellement qu'à partir de décembre 1611 (*Rigaud,* l. c., p. 52, 58); il ne vient par conséquent que le quatrième, dans l'ordre de priorité.

On consultera sur la question des dates :

1994. **Arago, F.** Quels ont été les premiers observateurs des taches solaires. **Paris, ABL, 1842, 460.**

Une difficulté considérable, dans les observations du Soleil, vient de l'éclat éblouissant de cet astre. Les anciens le considéraient quand il était à l'horizon, et par conséquent affaibli par une grande épaisseur d'air (*Archimèdes,* De numero arenae [G]). Pour suivre les phases des éclipses, ils le regardaient sur un bain d'huile ou de poix (*Seneca,* Quaestiones naturales [L], lib. I). *Ebn Iounis* faisait aussi les observations d'éclipses en regardant sur l'eau (**CdT, 1811, 481**).

Au XVI[e] siècle, les occasions devenues plus fréquentes de faire des déterminations géographiques, ainsi que les exigences de l'astronomie nautique, avaient fait imaginer, pour les visées sur le Soleil, l'emploi des verres colorés. *Apian* en fait mention (Astronomicum caesareum, fol., Ingolstadii, 1540). Peu de temps après, *Porta* avait imaginé de recevoir l'image, dans une chambre obscure, sur un papier blanc (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604, p. 59. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 162**).

Toutefois, après l'invention du télescope, *Fabricius* (loc. cit.) et *Galilée* (loc. cit.) ne recouraient encore à d'autre moyen que de saisir les instants auxquels l'astre était dans le voisinage de l'horizon, ou bien d'attendre le passage de nuages légers. La première idée de faire usage de procédés artificiels, pour affaiblir l'image focale, est due à *Castelli*, un des élèves de *Galilée*, qui reçut cette image par projection, et agrandie, sur un écran (*Galilei*, Istoria e dimostrazioni, let. II, 14 août 1612. — Reproduit : **Galilei, Ope, III, 1843 ; voir p. 419**).

Scheiner entreprit d'ôter aux lentilles de l'instrument une partie de leur transparence, en les faisant bleues ou vertes, ou même d'interposer dans le trajet des rayons un verre coloré (Rosa ursina, p. 10, 151); mais il plaçait ce verre entre l'objectif et l'oculaire, où ses moindres défauts déformaient l'image. Ce fut *Tarde* (Borbonia sidera, id est planetae qui Solis limina circumvolitant, 4°, Parisiis, 1621), qui transporta le verre noir devant l'oculaire.

Ces moyens constituent encore les procédés fondamentaux, employés dans les observations du Soleil. On en a cependant proposé quelques autres. *Legentil*, par exemple, a parlé (**Paris, H & M, 1752, 454**) de mettre devant l'objectif un matelas de toiles d'araignée. *Lalande* nous apprend qu'en 1765, les astronomes anglais, pour affaiblir la lumière, recouraient à des réflexions multiples (**Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 658**). Il y a une notice historique sur ces procédés dans

1995. **Burckhardt, J. C.** Note historique sur les différents moyens employés par les astronomes pour observer le Soleil. **CdT, 1811, 480.**

Depuis cette époque, quelques autres méthodes ont été proposées. L'idée de recourir à la polarisation pour éliminer une partie de la lumière est due à

1996. **Pohl, J. J.** Ueber ein neues Sonnenocular. **Wien, Stz, XXIII, 1858, 482.**

Mais cette méthode ne s'est répandue qu'après avoir été préconisée par *Secchi* (**AXn, LXVI, 1866, 175**). Vers le même temps, *Foucault* a proposé de recouvrir l'objectif d'une légère argenture, à travers laquelle l'image du Soleil peut s'apercevoir :

1997. **Foucault, L.** Sur un moyen d'affaiblir les rayons du Soleil au foyer des lunettes. **Paris, Crh, LXIII, 1866, 413, 547.**

Zöllner (Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels, 4°, Berlin, 1861 ; p. 72) représente la cote du Soleil à son colorimètre par le chiffre 2,10, qui n'est pas très-différent de la cote de Wéga [α Lyrae].

Avant d'aborder les recherches qui concernent la constitution physique du Soleil, il convient d'indiquer les principaux ouvrages et mémoires qui ont rapport à la découverte et à l'étude générale des taches solaires, ainsi que des détails qui s'y rattachent. Ce sont :

1998. Fabricius, J. De maculis in Sole observatis, et apparente earum cum Sole conversione; 4°, Wittembergae, 1611.

Première publication qui ait été faite sur les taches du Soleil.

1999. Apelles [Scheiner, C.]. Tres epistolae de maculis solaribus ad M. Velserum perscriptae; 4°, Augustae Vindelicorum, 1612. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843, 372.

Publication pseudonyme de *Scheiner*, où celui-ci se cache sous le nom d' « *Apelles* post tabulam latens. » Il y annonce la découverte, qu'il a faite de son côté, des taches existant sur le disque solaire.

2000. Galile[us], G. Epistola ad Velserum de maculis solaribus; 4°, Romae, 1612.

A cet écrit de *Galilée*, un anonyme a répondu par la brochure suivante, imprimée par Plantin, et dont nous prenons le titre dans le Catalogue of the celebrated library of *G. Libri*, 8°, London, 1861; p. 351. *Lalande* en avait fait à tort deux numéros distincts.

2001. *** De maculis in Sole animadversis, et tanquam ab Apelle, in tabula spectandum in publica luce expositis, *Batavi* dissertatiuncula; 4°, s. l., 1612.

2002. Galilei, G. Istoria e dimostrazioni intorno alle machie solari e loro accidenti; 4°, Roma, 1613. — Réimpr., 4°, Bologna, 1655. — Reproduit dans toutes les éditions des OEuvres de *Galilée*, notamment au tom. II des edit. 4°, et au tom. III, 1843, p. 381, de l'édition 8° de Florence.

Cet ouvrage contient les trois lettres de *Galilée* à *Velser*, dont nous avons indiqué la première séparément sous le n° 2000.

2003. Scheiner, C. Rosa ursina, sive Sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius; fol., Bracciani, 1630.

Ouvrage considérable, renfermant plus de 2000 observations. On y trouve les premiers éléments de la rotation du Soleil, et le germe de plusieurs considérations, passées aujourd'hui dans la science à titre définitif.

2004. **Bode, J. E.** Gedanken über die Natur der Sonne und die Entstehung ihrer Flecken. Beschaeftigungen der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde, 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 225.

2005. **Schroeter, J. H.** Beobachtungen über die Sonnenfackeln und Sonnenflecken; 4°, Erfurt, 1789.

2006. **Herschel, W.** On the nature and construction of the Sun and fixed stars. **London, PTr, 1795, 46.**

2007. **Herschel, W.** Observations tending to investigate the nature of the Sun, in order to find the causes of its variable emission of light and heat. **London, PTr, 1801, 265, 354.** — En allemand dans **BaJ, 1805, 218; 1806, 113, 128.**

Dans cet important mémoire, *W. Herschel* traite successivement de la nature des différents accidents visibles à la surface du Soleil.

Il existe, pour les travaux du XVIIe siècle et de la première moitié du XVIIIe, relatifs aux taches du Soleil, un résumé bibliographique de

2008. **Frobesius, J. N.** Recensus heliographorum; 4°, Helmstadii, 1753.

Cet ouvrage est complété par celui du même auteur : Polyhistor heliographicus; 4°, Helmstadii, 1755.

Il était facile aux premiers observateurs des taches du Soleil, de s'apercevoir qu'elles ne sont pas permanentes, mais au contraire passagères et sujettes à des changements. « Si producono e si dissolvono in termini più e men brevi, » dit *Galilée* (Istoria e dimostrazione, let. I. — **Galilei, Ope, III, 1843,** voir p. 392).

Il a été reconnu de très-bonne heure que ces taches ne sont pas indifféremment répandues sur toute la surface du Soleil. *Scheiner* (Rosa ursina, p. 568) énonce déjà qu'elles sont confinées dans une zone médiane, à laquelle il donne 60° de largeur.

On soupçonnait aussi, depuis les premières observations au télescope, que les taches n'exécutent pas leur rotation d'un mouvement commun (*Scheiner,* Rosa ursina, p. 260). Mais ce fait était resté à l'état de notion vague, jusqu'à ce que *Laugier,* en discutant ses observations, eût mis en évidence leurs mouvements propres (**Paris, Crh, XII. 1841, 649**).

Scheiner (Rosa ursina, p. 218, 219) fit remarquer que les taches sont entourées d'une pénombre, à laquelle il appliqua le nom de « nebula. » Autour des grandes taches, dit également *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 84), il y a une ombre ou ternissure, qui ressemble à un halo, « instar halonis. »

Quelle est la situation des taches, par rapport à la surface du Soleil? Déjà en 1703, Jacq. *Cassini* avait été frappé de cette circonstance qu'une grande tache produit une échancrure dans le limbe, lorsqu'elle se présente au bord du disque (Paris. H & M, 1703, 122). Plus tard, *Schülen* fit la remarque (Stuttgarter Blätter, 8°, Suttgard; année 1771, Oct.) que la pénombre passe de gauche à droite, quand les taches passent de droite à gauche du disque. Cette observation devait donner l'idée de regarder les taches comme des cavités. C'est ce que fit

2099. Wilson, A. Observations on the solar spots. London, PTr, 1774, 7.

Outre ces considérations générales, l'étude des taches a conduit à reconnaître dans leur constitution et leur allure diverses particularités.

Silberschlag, de Mägdebourg, a dit des taches du Soleil qu' « elles se meuvent sur elles-mêmes par un mouvement de rotation. » (*J_3. Bernoulli,* Lettres astronomiques, 8°, Berlin, 1771; p. 6, note *b.*). *Scheiner* (Rosa ursina, p. 507) avait déjà émis un soupçon sur ce point. Mais en 1852, *Dawes* a constaté d'une manière positive ce qu'il appelle la « gyration » des taches solaires (London, MAS, XXI, 1852, 159).

Le noyau des taches, dit *Schroeter* (Beobachtungen über die Sonnenfackeln, 4°, Erfurt, 1789; art. 24, p. 29) n'est pas uniformément noir : il est comme nébuleux et parsemé de clairs. Cet astronome avait entrevu ce que *Secchi* a décrit comme des voiles semi-transparents, auxquels il donne le nom de « cirri » (ANn, LII, 1860, 95), et peut-être aussi les langues brillantes, en feuilles de saule, ou « willow leaves, » de *Nasmyth* (London, MNt, XXIV, 1864, 66).

W. Herschel (London, PTr, 1801, 354) a donné les rapports suivants pour les intensités lumineuses :

Surface libre du Soleil	1,000
Pénombre des taches.	0,469
Noyau des taches	0,007

En 1845, *J. Henry* et *S. Alexander,* en faisant tomber sur un thermomètre les rayons provenant de différentes parties du disque, ont montré que les taches du Soleil donnent moins de chaleur que les parties claires (PMg_3, XXVIII, 1846, 230).

Indépendamment des taches et des détails qui s'y rapportent, on voit sur la surface du Soleil divers accidents de lumière, connus sous les noms de « facules » et de « lucules. » Les facules avaient été remarquées, dès 1612, par *Galilée* (Istoria e dimostrazioni, let. III; reprod. : Galilei, Ope, III, 1843, voir p, 490). Les termes sous

lesquels on désigne ces deux espèces de marques, ont été introduits par *Scheiner*, « faculae » de « fax » (Rosa ursina, p. 165), et « luculae, » de « lux » (ibid., p, 544). L'expression « taches de lumière, » employée par *Lahire* (JdS_1, 1686), n'a pas été adoptée.

L'observation curieuse du déplacement rapide d'une facule a été faite, le 1er septembre 1859, par *Carrington* (London, MNt, XX, 1860, 14) et par *R. Hodgson* (ibid, XX, 16)

§ 164. PÉRIODICITÉ DES TACHES.

Le premier soupçon qu'on ait eu d'une périodicité dans les taches solaires fut émis par

2010. Schwabe, H. Periodicität der Sonnenflecken. ANn, XXI, 1844, 234.

Il est difficile de déterminer d'une manière certaine le temps périodique, non-seulement à cause de la nature souvent mal définie des observations sur lesquelles on s'appuie, mais peut-être aussi parce que toutes les périodes ne sont pas égales entre elles.

Valeurs attribuées à la période des taches solaires.

	Période en années.
1844. SCHWABE, par ses observations de 1826 à 1842. (ANn, XXI, 235.)	10
1852. R. WOLF, par les diverses observations depuis 1611. (ANn, XXXV, 369.)	11,111
1859. THIELE, par les observations du XVIIIe siècle. (ANn, L, 261.)	9,740
Par celles du XIXe siècle. (Ibid., 262.)	10,23
1878. FAYE, en discutant les observations de *Schwabe* (Paris, Crh, LXXXVI, 911.)	11,20
1881. SPOERER, par une discussion des observations recueillies depuis 1752. (ANn, XCVIII, 102.)	11,313
1881. DUPONCHEL, en discutant, après les avoir interprétées, les anciennes observations des taches. (Paris, Crh, XCIII, 827.)	11,85

Duponchel fait remarquer que le chiffre auquel il arrive est celui de la révolution de Jupiter.

L'idée de rattacher les phénomènes des taches aux mouvements des corps extérieurs au Soleil, n'est pas d'ailleurs une idée nouvelle. Déjà en 1798, *Lalande* se

demandait (Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. II, p. 78) si l'absence ou la présence de taches sur le Soleil ne serait pas due à des marées causées par un corps céleste, — il ignorait lequel.

La supposition qu'il existe une relation entre les taches du Soleil et les mouvements des planètes a pris, dans les dernières années, plus de consistance. Voyez notamment :

2011. **Stewart, B.** On sun-spots and their connection with planetary configurations. **Edinburgh, Tra, XXIII, 1864, 499.**

Lockyer (Contributions to solar physics, 8°, London, 1874; ch. VI, p. 81) a embrassé l'idée que les observations de *Carrington* (voir § 168, n° 2064) indiquent une tendance des taches à se produire aux points de la surface solaire les plus voisins de Vénus, et aussi de Jupiter et de Mercure.

Klein a fait la remarque que 16 périodes des taches solaires font, à bien peu près, 6 périodes de Saturne, 15 de Jupiter et 289 de Vénus. (*Wunder & Gretschel*, Jahrbuch der Erfindungen, 8°, Leipzig, année 1876; Fortschritte der Astronomie, p. 14).

La période des taches solaires ne paraît pas invariable. Indépendamment d'inégalités qui n'affectent pas de lois apparentes, on a cru y trouver des inégalités périodiques. *B. Stewart* en a indiqué une de 56 ans (**London, MNt, XXIV, 1864, 197**), et *R. Wolf,* une autre de 6,93 mois (**ANn, LXV, 1865, 64**), peu différente de la révolution de Vénus.

§ 165. ENVELOPPES DU SOLEIL.

Deux appendices du globe solaire, les protubérances et la couronne, ne pouvaient se découvrir aux astronomes que pendant les éclipses totales, qui sont des événements rares. Pour les protubérances, il fallait même qu'on portât à l'observation une attention minutieuse. Aussi n'est-ce qu'au commencement du XVIIIe siècle qu'on les trouve signalées.

A l'éclipse de 1706, deux observateurs en parlent. *Stannyan,* dont l'observation est rapportée par *Flamsteed,* dit du Soleil : « his getting out of his eclipse was preceded by a blood-red streak of light from his left limb » (**London, PTr, 1706, 2237**). *Scheuchzer,* qui observait à Zurich, se sert des termes : « quandoquidem circa Lunam fulgur apparuit rutilans » (**London, PTr, 1706, 2246**)

Les protubérances furent observées dans d'autres éclipses postérieures, sans exciter beaucoup de curiosité. Ce fut *Bessel* qui ramena sur ce point l'attention des astronomes (**ANn, XIV, 1837, 114**). Les recherches s'étant alors dirigées de ce côté,

Airy se crut autorisé, à la suite de l'éclipse du 28 juillet 1851, à assigner les protubérances au Soleil, et non à la Lune, comme on l'avait pensé un instant (Notice of the preceedings of the meetings of the Royal Institution, 8°, London; vol. I, 1854, p. 62).

Depuis cette époque, l'étude des protubérances fut poursuivie avec grand soin pendant toutes les éclipses totales. Mais ces occasions étaient rares, et l'observation était nécessairement limitée à un intervalle très-court.

Voyez sur les conclusions tirées de ces observations :

2012. **Nasmyth, J.** On the red prominences seen in total eclipses of the Sun. **London, MNt, XIII, 1853, 5.**

2013. **Stewart, B.** On the nature of those red protuberances which are seen on the Sun's limb during a total eclipse. **PMg$_4$, XXIV, 1862, 302.**

La partie essentielle des observations sur les apparences du Soleil pendant les éclipses, au point de vue de la constitution physique de cet astre, se trouve résumée, d'après les descriptions originales, dans le travail de

2014. **Ranyard, A. C.** Observations made during total solar eclipses, collated. **London, MAS, XLI, 1879, 1.**

Ce résumé remplit tout le volume; il est accompagné de 18 planches de la couronne, et de nombreuses gravures dans le texte. Il traite, dans des chapitres séparés, des objets suivants : 1) occultation des taches du Soleil par la Lune; 2) la Lune paraît plus noire que les taches; 3) bande ou frange le long du limbe lunaire; 4) preuve spectroscopique et photographique de cette frange; 5) partie du limbe lunaire vue en dehors du Soleil; 6) le contour entier de la Lune vu avant ou après l'éclipse totale; 7) les cornes du croissant solaire paraissant colorées; 8) la Lune vue rouge pendant la totalité; 9) bandes d'ombre; 10) pulsations de la lumière à l'approche de la totalite; 13) éclats de lumière le long du bord qui disparaît du croissant; 14) la couronne vue avant et après l'éclipse totale; 15) les étoiles vues avant la totalité; 16) les protubérances vues avant et après la totalité; 17) les grains de chapelet de Baily; 18) les grains se contournent et s'absorbent les uns dans les autres; 19) rotation de la Lune et des rayons de la couronne; 20) la Lune paraît sauter au commencement et à la fin de la totalité; 21) la chromosphère vue sous la forme d'un arc rouge continu; 22) observation télescopique de la couche de Young; 23) observation double du commencement et de la fin de la totalité; 24) arrivée de l'ombre de la Lune [sur le terrain]; 25) à l'instant de la totalité, le ciel semble s'abaisser; 26) couleurs sur les nuages; 27) nuages irisés et arcs aux couleurs prismatiques; 28) couleur du ciel; 29) aspect du disque de la Lune pendant la totalité; 30) étoiles vues pendant la totalité; 31) éclairement de l'horizon pendant la totalité; 32) obscurité pendant la

totalité; 33) illumination étrange des objets pendant la totalité; 34) éclairs vus sur le disque de la Lune ou auprès; 35) vent pendant la totalité; 36) abaissement de la température et rosée pendant la totalité; 37) effet de l'éclipse sur les hommes, les animaux et les plantes; 38) observations magnétiques pendant les éclipses; 39) trou d'Ulloa et brèches dans le limbe de la Lune; 40) recherche de la lumière zodiacale et des planètes intra-mercurielles pendant la totalité; 41) éclat de la couronne; 42) observations polariscopiques; 43) observations spectroscopiques; 44) photographies et dessins de la couronne.

Un immense progrès fut réalisé par l'observation des protubérances au spectroscope, qui permettait de les apercevoir en tout temps. Le germe de cette méthode est dû à *Lockyer* (**Paris, Crh, LXVII, 1868, 836**). Les premiers essais qui réussirent furent ceux de *Janssen;* ils remontent au mois d'août 1868 (**ibid., 859**).

Les initiateurs de cette nouvelle et heureuse méthode furent bientôt suivis par

2015. **Zöllner, J. C. F.** Ueber Beobachtung von Protuberanzen. **Leipzig, Ber, XXI, 1869, 145.**

Il restait à donner un nom à l'enveloppe du Soleil, dans laquelle ces phénomènes avaient leur source. C'est ce que fit *Lockyer,* en créant la dénomination de « chromosphère » (**PMg_4, XXXVIII, 1869. 146**).

Voyez aussi :

2016. **Lockyer, J. N. & Seabroke, G. M.** On a new method of viewing the chromosphere. **London, Pro, XXI, 1873, 106.**

Fearnley (**ANn, XXXIII, 1852, 240**) a, le premier, appelé l'attention sur la liaison probable entre les protubérances et les taches. On verra sur cette question, entre un grand nombre de notices d'importances diverses :

2017. **Secchi, A.** Sulle protuberanze solari e loro relazione colle macchie. **Roma, Att, XXVI, 1873, 231.**

Comme exemple de ce qu'on a nommé explosion, à la surface du Soleil, on pourra lire la description de

2018. **Young, C. A.** An explosion on the Sun. **AJS_3, II, 1871, 468.**

Sur la question de savoir si les variations énormes et rapides, qu'on remarque dans les protubérances, sont réelles, on consultera

2019. **Ranyard, A. C.** Note with respect to the rate of motion of gaseous matter projected from the Sun. **London, MNt, XLI, 1881, 77.**

C'est aux éruptions dont le Soleil est le théâtre et à la marche rapide de certaines facules à sa surface, que se rattache peut-être l'action électrique et magnétique exercée à distance par cet astre immense. Cette action est, comme on l'a dit plus haut, du domaine de la physique du globe et de la météorologie. Il suffira ici de renvoyer à

2020. **Becquerel, E.** Sur l'action électrique du Soleil. **Paris, Crh, LXXII, 1871, 709.**

2021. **Zöllner, J. C. F.** Ueber die elektrische und magnetische Fernewirkung der Sonne. **Leipzig, Ber, XXIV, 1872, 116.** — Reproduit : **ANn, LXXX, 1873, 113.**

La couronne était plus remarquable et plus facile à voir que les protubérances, dans l'obscurité des éclipses totales. Aussi les anciens l'avaient-ils déjà observée. Elle est mentionnée par *Philostrate* (Vita Apollonii tyanensis [G]) comme ayant été aperçue au Ier siècle de notre ère, et *Plutarque* en parle également (*Plutarchus*, Quae supersunt omnia opera edid. *J. J. Reiske*, 12 vol. 8°, Lipsiae; vol. IX, 1778, p. 682).

Nous mentionnerons, au sujet de ce phénomène :

2022. **Parpart, A. L. A. von.** Theorie der corona und der Hervorragungen.

Dans son Bericht über die auf der Sternwarte zu Sorlus während der Sonnenfinsterniss... angestellten Beobachtungen, 8°, Culm, 1851 ; p. 13.

2023. **Oudemans, J. A. C.** Onderstelling omtrent de lichtkroon bij totale zoneklipsen. **Amsterdam, Ver_2, IV, 1870, 258.**

2024. **Young, C. A.** On the solar corona. **AJS_3, I, 1871, 311.**

Sur la polarisation de la couronne, voyez :

2025. **Blaserna, P.** Sur la polarisation de la couronne solaire. **Arc_2, XLI, 1871, 423.**

Et sur son spectre :

2026. **Young, C. A.** Note on the spectrum of the corona. **AJS_3, II, 1871, 53.**

On a cru voir, dans les jets coronaux, une tendance à se diriger vers les différentes planètes :

2027. **Serpieri, A.** Di una probabile relazione tra i pennacchi luminosi del Sole, e le posizioni dei pianetti. Rendiconti dell'Istituto lombardo di scienze e lettere, serie II^a^, 8°, Milano; vol. IV, 1871, p. 167, 568.

Et :

2028. **Serpieri, A.** Dei getti coronali del Sole volti ai pianeti. Rendiconti dell' Istituto lombardo di scienze e lettere, serie II^a^, 8°, Milano; vol. V, 1872, p. 1149.

La couronne peut, dans certaines circonstances, être aperçue en plein jour. Voyez :

2029. **Tacchini, P.** Sulle osservazioni solari fatte a Palermo nel giorno 29 Luglio 1878. **Spettr. ital., Mem, VII, 1878, 145.**

On lira sur tous ces phénomènes la notice historique de

2030. **Holden, E. S.** Historical note on the observation of the corona and red prominences of the Sun. **AJS_3, X, 1875, 81.**

Qu'existe-t-il au delà des dernières enveloppes du Soleil? La matière gazeuse est-elle groupée en couches de densités décroissantes autour de cet astre? La réfraction à travers ce milieu serait peut-être appréciable, dans les observations de passages méridiens, pour des étoiles voisines du Soleil. C'est ainsi que raisonne

2031. **Calandrelli, I.** Sulla rifrazione solare; riflessioni e osservazioni. **Roma, Att, X, 1857, 25.**

§ 166. RAYONNEMENT SOLAIRE.

Les plus anciennes recherches scientifiques sur la puissance calorifique du Soleil datent de 1742; elles se trouvent dans le mémoire :

2032. **Saint-Hilaire, F. X. Bon de.** Sur la chaleur des rayons directs du Soleil, comparée à celle que l'on éprouve à l'ombre. Histoire de la Société des sciences établie à Montpellier, avec les mémoires, 4°; **t. II, Montpellier, 1768, his, 118.**

En 1833, John *Herschel* a décrit un instrument, qu'il a nommé « actinomètre, » avec lequel il proposait de mesurer le rayonnement calorifique du Soleil :

2033. **Herschel, J. F. W.** Explanation of the principle and construction of the actinometer. **British Assoc, Rep, 1833, 379.** — Comparez ses Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope, fol., London, 1847; p. 442.

Quelques années plus tard, *Pouillet* proposa un instrument différent, ayant le même objet, qu'il appela « pyrhéliomètre » :

2034. **Pouillet, C. S. M.** Mémoire sur la chaleur solaire, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmosphérique, et sur la température de l'espace. **Paris, Crh, VII, 1838, 24.**

Des observations importantes sur le rayonnement solaire ont été faites à Madère par

2035. **Hagen, H. G. L.** Ueber die Wärme der Sonnenstrahlen. **Berlin, Abh. 1863, Math, 1.**

Nous trouvons dans un article de *G. Dallet* (Revue scientifique de la France et de l'étranger, 3me série, 4°, Paris; t. XXVIII, 1881, p. 815) un tableau des températures que différents physiciens ont cru pouvoir attribuer au Soleil. Voici ces températures, en degrés centigrades :

Newton	1 669 300°
Pouillet	1 461
Zöllner	102 000
Secchi.	5 344 840
Ericsson	2 726 700
Fizeau	7 500
Spoerer	27 000
H. Sainte Claire Deville	2 500
Soret	5 861 846
Vicaire	1 398
Violle	1 500
Rossetti	20 000

La discordance de ces chiffres donne la mesure de la confiance qu'ils peuvent inspirer.

Parmi les travaux les plus récents et les plus importants sur la température du Soleil, il faut citer :

2036. Violle, J. Mémoire sur la température moyenne du Soleil. Annales de chimie et de physique, 5e série, 8°, Paris; vol. X, 1877, p. 289.

2037. Rossetti, F. Indagini sperimentali sulla temperatura del Sole. Roma, Mem, II, 1878, 169. — Reproduit : Spettr. ital, Mem, VII, 1878, 22.

Le premier physicien qui ait examiné la distribution de la lumière et de la chaleur, dans les diverses parties du disque du Soleil, fut *Bouguer*, en 1721 (Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris; 2e édit., 4°, Paris, 1760, p. 90). Il avait reconnu que le centre du Soleil est plus lumineux que les bords. Aux trois quarts du rayon, il trouvait l'éclat réduit à 0,73 de ce qu'il est au centre.

Secchi s'est longtemps occupé de la distribution de la chaleur à la surface du disque solaire. Son premier travail à cet égard remonte à 1851 :

2038. Secchi, A. Sull' intensità del calore nelle varie parti del disco solare. Roma, MOs_1, 1851, app, xxvij.

La publication de ses recherches a été continuée dans Paris, Crh, XLIX, 1859, 931 ; LXII, 1866, 1060; et ANn, LXVII, 1866, 16.

Il trouve que la chaleur provenant du bord du disque est deux fois moins intense que celle qui provient du centre. Telle est aussi la proportion à laquelle arrive *Chacornac* (Paris, Crh, XLIX, 1859, 806).

On peut voir sur le même sujet :

2039. Liais, E. Sur l'intensité relative de la lumière dans les divers points du disque du Soleil. Mémoires de la Société académique de Cherbourg; vol. XII, 1866, p. 277.

On consultera également :

2040. De la Rue, W., Stewart, B. & Loewy, B. Note regarding the decrease of actinic effect near the circumference of the Sun, as shown by the Kew pictures. London, MNt, XXVI, 1866, 74.

2041. Vogel, H. C. Ueber die Absorption der chemisch wirksamen Strahlen in der Atmosphäre der Sonne. Leipzig, Ber, 1872, 135. — Reproduit : APC_1, CXLVIII, 1873, 161. Traduit en anglais : PMg_4, XLV, 1873, 345.

2042. Ericsson, J. Intensity of sunrays from various places of the Sun's surface. Nature, 4°, London; vol. XII, 1875, p. 517; vol. XIII, 1876, p. 114, 224.

Ce physicien trouve que la chaleur aux bords du Soleil est seulement les deux tiers de la chaleur au centre.

Sur la question longtemps controversée, au XVII[e] et au XVIII[e] siècle, de savoir si les rayons solaires impriment une impulsion aux corps qu'ils viennent frapper, voyez une notice très-intéressante d'*Arago* (Annales de physique et de chimie par *Gay-Lussac* et *Arago,* 8°, Paris; t. VI, 1817, p. 386. — Reproduit: Arago, OEu, VII, 1858, 447). Dans cette notice, *Arago* regarde le résultat de l'expérience comme négatif.

Récemment, on s'est beaucoup occupé d'un appareil, nommé radiomètre, qui a ramené la discussion sur cette question. Tout le monde connaît l'expérience décrite par *Crookes*, dans sa lecture « on attraction and repulsion accompanying radiation » (PMg_4, XLVIII, 1874, 81). Mais la controverse soulevée à cette occasion appartient proprement au domaine de la physique.

§ 167. ÉTUDE SPECTROSCOPIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE.

Comme coup d'œil général sur le champ nouveau ouvert par la spectroscopie, nous citerons d'abord :

2043. Gautier, E. De la constitution du Soleil, à propos des « Recherches sur le spectre solaire et sur les spectres des corps simples, » par M. *G. Kirchhoff*. Arc_2, IX, 1860, 209.

L'ouvrage fondamental sur le spectre du Soleil est celui de

2044. Angström, A. J. Recherches sur le spectre solaire; spectre normal du Soleil; 4° avec atlas 4° oblong, Upsala & Berlin, 1868.

Comparez :

2045. Vogel, H. C. Untersuchungen über das Sonnenspectrum. Potsdam, Pub, I, 1879, 135.

On verra ensuite :

2046. Lockyer, J. N. Researches in spectrum-analysis in connexion with the spectrum of the Sun. London, PTr, 1873, 253, 639; 1874, 479, 805; London, Pro, XXV, 1877, 546; XXVII, 1878, 279, 409.

2047. **Draper, H.** Discovery of oxygen in the Sun by photography, and a new theory of the solar spectrum. **AJS_3, XIV, 1877, 90. — Reproduit : Spettr. ital, Mem, VI, 1877, 69.**

Dès l'année 1859, la photographie avait été appliquée à l'étude du Soleil, d'abord par *Carl,* puis bientôt après par *Spoerer* (*Mädler,* Geschichte der Himmelskunde, 2 vol. 8°, Braunschweig; vol. II, 1873, p. 185).

Ce que cet art a produit de plus important, au point de vue de l'étude du Soleil, est contenu dans les notices suivantes :

2048. **Janssen, J.** Présentation de photographies solaires de grandes dimensions. **Paris, Crh, LXXXII, 1876, 1363.**

2049. **Janssen, J.** Note sur la reproduction par la photographie des « grains de riz » de la surface solaire. **Paris, Crh, LXXXV, 1877, 373.**

2050. **Janssen, J.** Sur la photographie de la chromosphère. **Paris, Crh, XCI, 1880, 12.**

§ 168. OBSERVATIONS PHYSIQUES.

Nous rangeons sous cette désignation toutes les observations qui ont pour objet l'étude physique du Soleil, soit par la vision télescopique, la spectroscopie, la photographie ou tout autre moyen du ressort des sciences physiques, par opposition aux observations de mesures, qui se font à l'aide d'instruments géométriques divisés.

L'astronome qui voudra examiner, dans les sources originales, les observations au moyen desquelles s'est élevé peu à peu le corps de nos connaissances au sujet de la physique du Soleil, devra consulter une série d'ouvrages et de mémoires dont voici les plus importants :

2051. **Scheiner, C.** Rosa ursina, 4°, Bracciani, 1630. — Voir plus haut, § 163, n° 2003.

Cet ouvrage contient le germe d'un grand nombre de notions, passées aujourd'hui dans la science, à titre définitif.

2052. **Hevelius, J.** De magno et admirando lumine Solis, ejus maculis ac faculis, de naturâ earum, et quomodo illae diverso, novo facilique modo queant observari.

Formant le Cap. v, p. 76-105, de sa Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647.

2053. **Rost, J. L.** Astronomisches Handbuch ; 4°, Nürnberg, 1718. — Voir plus haut, § 32, n° 167.

2054. **Zucconi, L.** De heliometri structura et usu ; 4°, Venetiis, 1760.

2055. **Thiele, T. N.** De macularum Solis antiquioribus quibusdam observationibus Hafniae institutis. **ANn, L, 1859, 257.**

Résumé des observations des taches du Soleil, faites à Copenhague, par *C. Horrebow*, de 1761 à 1776, d'après les manuscrits.

2056. **Fritsch, J. H.** Beobachtungen über die Sonnenflecken. **BaJ, 1802** et années suivantes, jusqu'en **1821.**

2057. **Stark, J. M.** Meteorologisches Jahrbuch ; 4°, Augsburg. — Années 1815 à 1836.

2058. **Thilo, L.** De tabulis iconographicis quibus maculae Solis mensibus anni 1826 sex posterioribus et anni 1827 sex prioribus a *T. a Soemmering* observatae adumbrantur ; 4°, Francofurti ad Moenum, 1828.

2059. **Schwabe, H.** Beobachtungen der Sonnenflecken.

Annuellement dans les **ANn**, à partir du vol. XVI, jusqu'au vol. **LXXIII**. Observations importantes, qui embrassent les années 1838 à 1868.

2060. **Herschel, J. F. W.** Observations of the solar spots.

Dans ses Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847 ; p. 431. Ces observations sont accompagnées de remarques sur l'origine et la nature des taches.

2061. **Wolf, R.** Sonnenfleckenliteratur. **Wolf, Mth, I-VI, 1856-1882.**

Il y a des tables de plus de quatre cents articles distincts dont se composent les notes placées sous ce titre, dans le vol. VI, 1882, p. 136-144 (n° LIV). L'une de ces tables est dressée par ordre chronologique des observations, l'autre par ordre alphabétique des observateurs.

2062. **Schmidt, J, F. J.** Resultate aus elfjährigen Beobachtungen der Sonnenflecken ; 4°, Wien und Olmutz, 1857.

2063. **Secchi, A.** Observations des taches et facules du Soleil. **Roma, MOs_3, années 1857-59, p. 25, 153.**

2064. **Carrington, R. C.** Observations of the spots on the Sun from November 9, 1853, to March 24, 1861, made at Redhill; 4°, London & Edinburgh, 1863.

2065. **Lockyer, J. N.** Spectroscopic observations of the Sun. **London, Pro, XV, 1867, 256; London, PTr, 1869, 425; London, Pro, XVII, 1869, 350, 415; XVIII, 1870, 74, 545.** — Reproduit dans ses Contributions to solar physics, 8°, London, 1874; p. 455, 459, 477, 488, 493, 516.

2066. **De la Rue, W., Stewart, B. & Loewy, B.** Researches on solar physics. **London, PTr, 1869, 1; 1870, 389.**

Ces deux mémoires contiennent, pour les années 1862 et 1863, et pour les années 1864 à 1866, les positions et les aires des taches du Soleil, relevées sur les photographies prises à l'Observatoire de Kew. A la fin du second, on trouve aussi un aperçu des aires occupées par les taches, depuis 1832 jusqu'en mai 1868.

2067. **Respighi, L.** Osservazioni spettroscopiche del bordo e delle protuberanze solari.

Dans : **Roma, Att, XXIII, 1869;** puis **Att'₁, XXIV, XXV et XXVI,** et **Att'₁, I et II, 1875.**

2068. **Bond, W. C.** Observations of the solar spots. **Cambridge (U. S.), Ann, VII, 1871.**

2069. **Tacchini, P.** Regioni del magnesio al disco solare.

Dans : **Spettr, ital, Mem,** à partir du vol. I, jusqu'au vol. VII. Observations spectroscopiques pendant les années 1872-1877.

2070. **Tacchini, P.** Macchie solari [e facole].

Dans : **Spettr. ital, Mem,** à partir du vol. I, jusqu'au vol. X [en cours de publication]. Observations des taches du Soleil, pendant les années 1871-1881, d'abord à Palerme, puis à Rome.

2071. **Spoerer, G.** Beobachtungen der Sonnenflecken zu Anclam; 2 part. 4°, Leipzig, 1874-1876 — Formant « Publication XIII », et « Forsetzung der Publication XIII », de l'Astronomische Gesellschaft.

2072. **Bredichin, T.** Observations spectroscopiques du Soleil.

Dans : **Moscou, Ann,** à partir du vol. I, jusqu'au vol. VII. Observations de 1872 à 1880, avec dessins des protubérances.

2073. **Secchi, A.** Osservazioni delle protuberanze solari fatte all'Osservatorio del Collegio Romano.

Dans : **Spettr. ital, Mem,** dans les vol. IV, V et VI. Observations des protubérances pendant les années 1871-1876.

2074. **Tacchini, P.** Osservazioni solari spettroscopiche e dirette.

Dans : **Spettr. ital, Mem.** à partir du vol. V jusqu'au vol. X [en cours de publication]. Observations des années 1876-1881.

§ 169. CONSTITUTION PHYSIQUE.

C'est par l'observation souvent répétée de l'aspect du Soleil et des changements qui s'y passent, qu'on est parvenu à se former quelques notions, relativement à la constitution physique de cet astre. Les premières théories des taches étaient fort vagues. *Galilée* (Istoria e dimostrazioni, 4°. Roma, 1613; let. I. — Reproduit : **Galilei, Ope, III, 1843,** voir p. 394) les regardait comme des fumées ou des écumes. *Kircher* (Mundus subterraneus, 2 vol. fol., Amstelodami, 1665-1678) les traite comme s'il s'agissait de volcans. C'est ainsi, par exemple, qu'il les dessine, sur la planche de cet ouvrage intitulée « Schema corporis solaris Romae anno 1635 observatum, » reproduite récemment dans : **Spettr. ital, Mem, V, 1876, 135,** tav. LXXVII. *Lahire* (**Paris, H et M, 1700,** his, **118; 1702, 138**) voyait dans les taches des éminences, qui s'élèvent au-dessus d'un océan à niveau variable.

W. Herschel, dans le mémoire des Philosophical Transactions de 1801, cité au § 165, sous le n° 2007, avait cherché à se rendre compte des phénomènes qui se passent dans le Soleil. Mais la plupart des astronomes s'arrêtèrent à l'examen matériel des détails, jusqu'à l'époque où l'observation réitérée des protubérances rouges, pendant les éclipses totales, vint ranimer l'intérêt. C'est alors que parut l'article :

2075. **Arago, F.** Sur l'éclipse totale du 8 juillet 1842. **Paris, ABL, 1846, 271.**

Cette notice est l'une des premières où l'on ait considéré dans des vues d'ensemble la constitution physique du Soleil.

Depuis lors, on a cherché à décrire les conditions dans lesquelles se trouve le globe solaire. Mais c'est surtout depuis l'application de la spectroscopie à l'étude du Soleil, que notre connaissance de cet astre a pris un nouvel essor. Voici la liste des ouvrages descriptifs les plus intéressants ou les plus connus, dans lesquels on pourra suivre le développement des idées, concernant le corps principal de notre système :

2076. **Woeckel, L.** Die Sonne und ihre Flecken; 4°; Nürnberg, 1846.

2077. **Mädler, J. H.** Sonne und Mond; 8°, Leipzig, 1852.

Traduction.

Zon en Maan (par *M. J. Van Oven*); 12°, Amsterdam, 1852.

2078. **Peters, C. H. F.** Contributions to the atmospherology of the Sun. Proceedings of the American Association for the advancement of science, 8°, Washington; année 1855, p. 85.

2079. **Wolf, R.** Die Sonne und ihre Flecken; 8°, Zürich, 1861.

2080. **Gautier, E.** De la constitution du Soleil. **Arc_2, XVIII, 1863, 209; XIX, 1864, 265; XXIV, 1865, 21; XXXV, 1869, 257.**

2081. **Carl, P.** Eine Uebersicht der Resultaten, welche die seitherigen Forschungen über die Sonnenkörper ergeben haben; 8°, München, 1864. — Réimpr. 8°, München, 1868.

2082. **Littrow, C. L. von.** Die Sonne. **Kal, 1864, 97; 1865, 77; 1877, 1.**

2083. **Meibauer, R. O.** Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne; 4°, Berlin, 1866.

2084. **Donati, G. B.** Dei fenomeni solari in relazione con altri fenomeni cosmici; 8°, Urbino, 1869.

2085. **Guillemin, A.** Le Soleil; 8°, Paris, 1869. — Réimprimé plusieurs fois : 3[e] édit., 1873.

Traduction.

The Sun (par *T. L. Phipson*); 8°, London, 1870.

2086. **Secchi, A.** Le Soleil, exposé des principales découvertes modernes sur la structure de cet astre, son influence dans l'univers et ses relations avec les autres corps célestes; 8°, Paris, 1870. — 2[e] édit., 8°, avec atlas 4°, Paris, 1875.

Traduction.

Die Sonne, die wichtigeren neuen Entdeckungen über ihren Bau, ihre Strahlungen, ihre Stellung im Weltall und ihr Verhältniss zu den übrigen Himmelskörpern (par *H. Schellen*); 8°, Braunschweig, 1872.

2087. **Zöllner, J. C. F.** Ueber die Temperatur und physische Beschaffenheit der Sonne. **Leipzig, Ber, XXII, 1870, 103; XXV, 1873, 112, 158.** — Reproduit partiellement : *Zöllner,* Ueber die Natur der Cometen, 8°, Leipzig, 1872; p. 485. Reproduit intégralement dans ses Wissenschaftliche Abhandlungen, 8°, Leipzig; vol. IV, 1881.

2088. **Respighi, L.** Sulla costituzione fisica del Sole. **Roma, Att'$_1$, XXIV, 1871, 266.**

2089. **Proctor, R. A.** The Sun, ruler, light, fire, and life of the planetary system; 8°, London, 1871. — Réimprimé plusieurs fois : 3e édit, 1876.

2090. **Reye, T.** Erklärung der Sonnenflecken.

Dans son ouvrage : Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen, 8°, Hannover, 1872; p. 178. — Et dans la 2e édit., 8°, Hannover, 1880; p. 178.

2091. **Faye, H.** Sur la constitution physique du Soleil. **Paris, ABL, 1873, 443; 1874, 407.**

2092. **Hirsch, A.** Die Sonne; 8°, Basel, 1875.

2093. **Janssen, J.** Sur les progrès récents de la physique solaire. **Paris, ABL, 1879, 622.**

2094. **Flammarion, C.** Études et lectures sur l'Astronomie; 9 vol. 12°, Paris, 1867-1880. — Le tome IX, 1880, contient une étude sur la constitution physique du Soleil.

2095. **Stokes, G. G.** Solar physics. Nature, 4°, London; vol. XXIV, 1881, p. 598, 613.

Deux conférences au South Kensington Museum, résumant ses idées sur la constitution physique du Soleil.

2096. **Abney, W.** Solar physics. Nature, 4°, London; vol. XXV, 1881, 162...

2097. **Young, C. A,** The Sun; 12°, New York, 1882.

Le Soleil comme agent de vie et d'activité sur la Terre, sa distance et ses dimensions, les moyens d'étudier sa surface; spectroscope et spectre solaire, taches, leur périodicité, chromosphère et protubérances, couronne; vie et chaleur du Soleil, résumé.

Les différentes théories qui ont été proposées pour expliquer l'origine de la chaleur du Soleil, sont passées en revue dans le chapitre VIII de l'ouvrage de *Proctor,* The Sun, 8°, London, 1871 ; 3ᵉ éd., 1876 (voir plus haut, n° 2089).

Une des théories concernant l'origine de la chaleur solaire, qui occupe le plus de place dans les préoccupations des astronomes, est celle qui prend pour point de départ la chute dans le Soleil de corps extérieurs. Elle remonte à Newton qui, en considérant l'effet de la résistance d'un milieu sur le mouvement d'une comète, a dit « singulis revolutionibus accedendo ad Solem, incidet is tandem in corpus Solis » (**Newtonus, PPm, lib. III, prop. 42**).

On a pensé que la chute de ces corps étrangers entretient la haute température du Soleil. Cette théorie se trouve magistralement exposée dans :

2098. **Thomson, W.** Note on the meteoric theory of the Sun's heat. Transactions of the Glascow geological Society, 8°, Glascow; vol. III, 1871, p. 259.

La question de savoir si la chute de ces corps cause les taches, a fait récemment l'objet d'une notice de *R. Tamine,* dans **Bruxelles, Ann, 1882, 204.**

Sur l'idée, émise à diverses époques, que le Soleil est de la nature des étoiles, on peut voir :

2099. Arago, F. Notice sur les observations qui ont fait connaître la constitution du Soleil et celles de diverses étoiles. **Paris, ABL, 1852, 525.** — Reproduit : **Arago, OEu, VII, 1858, 112.**

L'auteur y considère, dans l'histoire de la science, l'idée de l'assimilation du Soleil aux étoiles.

On verra, dans le même ordre d'idées :

2100. **Stoney, J.** On the physical constitution of the Sun and stars. **London, Pro, XVI, 1868, 25; XVII, 1869, 1.**

CHAPITRE IX.

PLANÈTES INTRA-MERCURIELLES.

---

§ 170. EXISTENCE DE PLANÈTES INTRA-MERCURIELLES.

Jusqu'ici, l'existence d'aucune planète intra-mercurielle n'est positivement constatée. Les faits sur lesquels on s'appuie pour soutenir que des corps d'une nature planétaire se meuvent au dedans de l'orbite de Mercure, sont de plusieurs espèces. *Le Verrier* a trouvé, par exemple, que pour satisfaire aux observations de Mercure, il faut ajouter 38″ par siècle au mouvement du nœud de cette planète. (**Paris, Crh, XLIX, 1859, 379**). Cette circonstance pourrait s'expliquer par l'action d'un ou de plusieurs corps, se mouvant à l'intérieur de l'orbite de Mercure.

Toutefois *Newcomb* a fait remarquer (**AJl, VI, 1861, 162**) que la même action qui accélérerait le périhélie de 38″, ferait rétrograder le nœud de 34″, ce que l'on n'observe pas.

Dès 1860, le nom de « Vulcain » avait été attribué à la planète inconnue. On le trouve notamment employé par *Heis,* à l'occasion d'une note de *Radau* (**WfA, III, 1860, 96**).

L'hypothèse de l'existence de planétoïdes intra-mercuriels repose, d'autre part, sur deux espèces d'indices plus directs : le passage de corps inconnus devant le disque du Soleil, et l'apparition, pendant les éclipses totales, d'astres difficiles à identifier.

§ 171. CORPS VUS DEVANT LE SOLEIL.

La plus ancienne observation de ce genre remonte seulement à 1761, époque où *Scheuten,* observant à Creveld, vit un corps étranger passer sur le disque du Soleil (**BaJ, 1778, 186**). Depuis lors cette circonstance s'est reproduite à différentes reprises. On trouvera des listes de plus en plus étendues de cette espèce d'observations dans les notices suivantes :

2101. **Benzenberg, J. F.** Ueber die dunkeln Körper, die man zuweilen vor der Sonne hergehen sieht.

Dans son ouvrage : Die Sternschnuppen sind Steine aus den Mondvulkanen, 8°, Bonn, 1834; p. 45.

2102. **Wolf, R.** ... Vulkan und die problematischen Durchgänge durch die Sonne.

Dans son Handbuch der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 326.

2103. **Haase, C.** Einige Zusammenstellungen als Beitrag zu der Frage, ob ausser Merkur und Venus in dem Raume zwischen Sonne und Erde noch andere planetenartige Körper vorhanden sind. **ZfM, II, 1863, 165; III, 1864, 1.**

Le tableau des observations qui étaient alors connues se trouve au vol. II, p. 136. — Ce travail a été tiré à part, 8°, Hannover, 1864.

2104. **Le Verrier, U. J.** Examen des observations qu'on a présentées, à diverses époques, comme pouvant appartenir aux passages d'une planète intra-mercurielle devant le disque du Soleil. **Paris, Crh, LXXXIII, 1876, 583, 624, 647, 719.**

2105. **Webb, T. W.** Opaque bodies seen traversing the Sun.

Dans son ouvrage : Celestial objects for common telescopes, 16°, London; 3ᵉ édit.; 1873, p. 40; 4ᵉ édit., 1881, p. 41.

2106. **[Klein, H. J.]** Wiederum der intramerkuriale Planet. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XI, 1878, 193.

Von *Oppolzer* a cru qu'il était possible d'expliquer, par le mouvement d'une planète, les observations de corps aperçus devant le Soleil, aux époques de mars et d'octobre. Il représente assez bien huit de ces passages par l'orbite suivante (**Paris, Crh, LXXXVIII, 1879, 26**) :

Époque	1850,0
Anomalie moyenne	356° 0′
Longitude du périhélie.	27 45
Longitude du nœud ascendant	178 0
Inclinaison.	7 0
Moyen mouvement diurne	22 47 22″,3

Il en résulte une distance au Soleil de 0,1232, celle de la Terre à cet astre étant l'unité.

B. Stewart a cru pouvoir annoncer à la British Association, en 1881, qu'on trouve dans les taches du Soleil une perturbation, indiquant l'existence d'une planète intra-mercurielle de 24ʲ,011 de révolution, et par suite de 0,163 de distance moyenne (Les Mondes, revue hebdomadaire des sciences et de leurs applications, 8°, Paris; t. LVI, 1881, p. 247).

Dans le travail suivant l'auteur conclut, au contraire, à un anneau de corpuscules circulant autour du Soleil :

2107. Tisserand, F, Notice sur les planètes intra-mercurielles. Paris, ABL, 1882, 729.

On a quelquefois signalé le passage devant le Soleil de globules noirs, formant des espèces d'essaims. On peut voir à ce sujet une observation de *Messier* de 1777 (Paris, H & M, 1777, 464), deux de *H. Weber* de 1869 (WfA, XII, 1869, 279) et de 1876 (WfA, XIX, 1876, 254), et enfin une de *Gruey* de 1874 (Paris, Crh, LXXIX, 1874, 602).

Il ne faut pas cependant attribuer à ces observations une portée absolue au point de vue astronomique. Des astronomes experts ont reconnu, en plusieurs circonstances, que les objets passant devant le Soleil, et qu'ils prenaient d'abord pour des corps cosmiques, se mouvaient simplement dans notre atmosphère. Deux observations de ce genre ont été faites, en 1869, l'une en Italie, l'autre dans l'Inde. Dans le premier cas, *C. H. F. Peters* a reconnu des oiseaux dans les corpuscules qu'il avait vu passer, à Naples, devant le Soleil (ANn, LXXIV, 1869, 29). Dans le second cas, *J_2. Herschel* s'est assuré que les objets qu'il avait observés, noirs par projection sur le Soleil, et brillants en dehors du disque, n'étaient autre chose que des sauterelles (London, MNt, XXX, 1870, 137).

Il y a d'ailleurs, dans notre atmosphère, des objets flottants de différente nature. Dans les observations de jour, on voit passer des points clairs dans le télescope. Consultez à ce sujet :

2108. Göbel, D. W. Ueber helle Funcken in Fernröhren bei Sonnenbeobachtungen. ANn, VI, 1828, 485.

Il explique les points brillants qu'on voit se mouvoir à côté de l'image solaire, par des grains de poussière, vivement éclairés dans la lumière concentrée au foyer, et se déplaçant par suite du courant d'air dont l'échauffement est cause.

2109. Waldner, H. Ueber Erscheinungen in der Atmosphäre nach Observationen. WfA, XII, 1869, 95.

Cet auteur attribue à des flocons de neige, élevés dans l'air, les points lumineux qu'on voit passer à côté du Soleil, sur le papier où l'on projette l'image télescopique de cet astre.

§ 172. ÉTOILES INCONNUES VUES PENDANT DES ÉCLIPSES TOTALES.

Pendant l'éclipse totale du 7 août 1869, trois observateurs, *Gilman, Vincent* et *Gould,* dont la station était à St. Paul Junction, aux États-Unis, aperçurent une étoile d'une identification douteuse. On peut voir à ce sujet la publication du U. S. Naval Observatory, Washington :

2110. *** Observations of the total eclipse of the Sun of Aug. 7, 1869; 4°, Washington, 1870.

Hind n'est pas éloigné de croire que l'étoile vue dans cette occasion était une planète intra-mercurielle (Nature, 4°, London; vol. XVIII, 1878, p. 662).

Ce ne fut toutefois qu'à l'éclipse du 29 juillet 1878, que *Watson,* qui observait à Separation, près Rawlins (Wyoming Territory), et *L. Swift,* dont la station était près de Denver, aperçurent une étoile (peut-être deux), qui ne purent pas être identifiées. Ces deux astronomes ont rendu compte de leurs observations, dans les articles ci-dessous :

2111. **Watson, J. C.** Discovery of an intra-mercurial planet. **AJS_3, XVI, 1878, 230.**

2112. **Watson, J. C.** On the intra-mercurial planets. **AJS_3, XVI, 1878, 310.**

2113. **Swift, L.** Letter relating to the discovery of intra-mercurial planets. **AJS_3, XVI, 1878, 313.**

Il faut maintenant attendre des recherches nouvelles.

CHAPITRE X.

MERCURE.

---

§ 173. MOUVEMENTS ET TABLES.

Nous avons rappelé au § 144, p. 347, les opinions des anciens, au sujet de la circulation de Mercure et de Vénus autour du Soleil. L'identification des étoiles qui faisaient des digressions de vingt à trente degrés, tantôt le matin, tantôt le soir, des deux côtés de cet astre, remonte à une très-haute antiquité. L'observation rigoureuse des mouvements de Mercure date d'une époque moins reculée.

La plus ancienne observation astronomique de cette planète, qui nous soit parvenue, se rapporte à l'an — 264. Au mois de novembre de cette année, suivant la concordance des dates établie par *Longomontanus* (Astronomia danica, fol., Amsterodani, 1622; theoric., lib. II, cap. 21), *Timochares* avait relevé les configurations de Mercure avec certaines étoiles du Scorpion (**Ptolemaeus, MCo, lib.** IX, **cap. 7, 10**). *Ptolémée* observa, à son tour, le 2 février de l'an 132, la première digression de Mercure dont il soit fait mention dans les fastes de l'Astronomie (**Ptolemaeus, MCo, lib.** IX, **cap. 7**). En outre, il n'est pas improbable qu'une occultation de Mercure par la Lune ait été remarquée dans l'antiquité (*von Ende*, dans **MCz, XXVII, 1813, 188**). Dans les temps modernes, une observation d'une occurrence extrêmement rare, a été faite par *Bevis* le 17 mai 1737, à l'Observatoire de Greenwich : celle d'une occultation de Mercure par Vénus (**London, PTr, 1738, 394; 1741, 630**).

D'anciennes observations de Mercure, extraites par *E. Biot* de la collection des vingt-quatre historiens de la Chine, ont été comparées aux tables par *Le Verrier* (**Paris, Crh, XVII, 1843, 732**).

Il existe une bonne monographie de Mercure, bien qu'un peu succincte, dans

2114. **Arago, F.** Mercure. **Arago, Ape, II, 1855, 485.**

Indépendamment des recherches sur lesquelles étaient basés les résultats employés dans les tables générales, citées plus haut au § 156, les mouvements de Mercure ont été déterminés d'une manière spéciale par différents astronomes du siècle dernier.

Ainsi *Legentil* a fait une détermination particulière de la situation du plan de l'orbite (**Paris, H & M, 1755, 269**), qui lui donne pour l'inclinaison

$$i = 7^\circ\, 0'\, 15'' \text{ en } 1751,$$

et pour le mouvement séculaire du nœud

$$\delta\Omega = 1^\circ\, 23'\, 41''.$$

De l'Isle a tiré des observations de *T. Brahé* la position du nœud au 22 janvier 1586 (**Paris, H & M, 1758, 134**), d'où résulte

$$\delta\Omega = 1^\circ\, 1'\, 40''.$$

Lalande a recherché d'abord la plus grande équation du centre (**Paris, H & M, 1756, 259**), pour laquelle il a trouvé, par les observations des passages de 1740, 1743 et 1753 :

$$E = 23^\circ\, 27'\, 51'';$$

et par les digressions (**Paris, H & M, 1767, 559**) :

$$E = 23^\circ\, 40'\, 49''.$$

Il s'est arrêté plus tard (**Paris, H & M, 1786, 292**) au chiffre :

$$E = 23^\circ\, 40'\, 0''.$$

Lalande tirait aussi des passages le mouvement séculaire du nœud (**Paris, H & M, 1756, 259**),

$$\delta\Omega = 1^\circ\, 15'\, 0''.$$

Enfin par une dernière discussion des passages devant le Soleil, il trouvait pour le mouvement séculaire du périhélie (**Paris, Mem$_1$, I, 1798, 531**),

$$\delta\Pi = 1^\circ\, 23'\, 28''.$$

Il y a un aperçu historique de *von Lindenau* sur la théorie et les tables de Mercure, dans **MCz, XXIII, 1811, 205.** Jusqu'à la fin du siècle dernier, les tables de cette planète étaient purement elliptiques. Les perturbations de Mercure sont, il est vrai, peu considérables. Voici l'indication des ouvrages où on les trouvera calculées :

2115. **Oriani, B.** De usu tabularum Mercurii ulterius promovendo. **EpM, 1796, 35.**

2116. **Schubert, F. T.** Sekular-Gleichungen des Merkurs.
Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798; vol. III, p. 230.

2117. Wurm, J. F, Störungen des Merkurs... berechnet. BaJ, 1801, 160.

2118. Laplace, P. S. de. Théorie de Mercure. Laplace, TMc, III, 1802, lix. vi, ch 8.

2119. Schubert, F. T. Inégalités séculaires de Mercure.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; vol. III, p. 377.

2120. Schubert, F. T. Inégalités périodiques de Mercure.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; vol. III, p. 380.

2121. Pontécoulant, G. de. Théorie de Mercure.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 409.

2122. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Mercure. CdT, 1848, 3.

2123. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Mercure. Paris, MOb, V, 1859, 1, 183.

2124. Lehmann, W. Saecularstörungen des Mercurs. ANn, LX, 1863, 293.

Nous avons mentionné dans le chapitre précédent que, suivant *Le Verrier* (Paris, Crh, XLIX, 1859, 379), on ne peut représenter les observations de Mercure qu'en ajoutant 38″ par siècle au mouvement de son périhélie, tel qu'il résulte de la théorie de la gravitation (voir plus haut, § 170).

Les tables de Mercure, postérieures à la publication des Principia de *Newton,* sont d'abord celles insérées dans les recueils généraux de *Lahire*, de *Halley*, de *J. Cassini* et de *Lalande,* dont il a été parlé au § 156, p. 381. Ce sont ensuite :

2125. Hell, M. Tabulae planetarum . . . et Mercurii, 8°, Viennae, 1764.

2126. [Lalande, J. J. de.] Tables du mouvement de Mercure, dressées en 1764. CdT, 1767, 97.

Ces tables offrent la particularité que l'équation du centre est donnée pour deux valeurs de l'excentricité.

2127. Triesnecker, F. v. P. Tabulae novae Mercurii ex elementis T. Mayeri supputatae. EpV, 1788, 419. — Reproduit : BaJ, 1789, 245. — 2e édit. revue. EpV, 1806.

Il y a un supplément à la 1re édition, dans EpV, 1789.

2128. **Lalande, J. J. de** Nouvelles tables de Mercure. **CdT, 1789, 283.**

Ce sont les tables reproduites, en 1792, dans la 3e édition de son Astronomie.

2129. **Oriani, B.** Theoria planetae Mercurii; 8°, Mediolani, 1798.

Réimpression d'articles des **EpM.** Des tables pour la longitude de Mercure y occupent 36 pages.

2130. **Lindenau, B. von.** Investigatio nova orbitae a Mercurio circa Solem descriptae; 4°, Gothae, 1813.

Ce volume contient une recherche complète des corrections des éléments de l'orbite, et des tables (p. j-xliv).

2131. **Le Verrier, U. J.** Tables générales du mouvement de Mercure. **Paris, MOb, V, 1859, 107.**

2132. **Winlock, J.** Tables of Mercury, for the use of the American Ephemeries and Nautical Almanac; 4°, Washington, 1864.

Ces tables ne reposent pas sur une étude indépendante des mouvements de Mercure, mais seulement sur la théorie de cette planète publiée par *Le Verrier* dans la **CdT**, mentionnée plus haut.

Nous allons rapporter les deux systèmes d'éléments qui ont servi de base aux tables de Mercure les plus réputées du XIXe siècle.

Nous désignons par t le temps écoulé depuis l'époque, en années juliennes.

Éléments de von Lindenau (Investigatio nova orbitae a Mercurio circa Solem descriptae; 4°, Gothae, 1813) :

Époque 1800, 0j 0h, t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	108° 4′ 48″,3 +	5 381 066″,7 t,
Longitude du périhélie	74 20 6 +	56,03 t,
Longitude du nœud ascendant . .	45 57 9 +	42,15 t,
Plus grande équation du centre .	23 40 43,5 +	0,016 t,
Inclinaison	7 0 6,0 +	0,183 t.

Mouvement en 100 ans juliens.

De la longitude moyenne	74° 4′ 35″,0
De la longitude du périhélie.	1 33 23
De la longitude du nœud	1 10 15

Éléments de Le Verrier (Paris, MOb, V, 1859, 107, 109, 135) :

Époque 1850, 1er janvier à midi, t. m. Paris.

Longitude moyenne	327°	15′	20″,43 +	5 381 066″,544 9 t	+ 0″,000 112 89 t^2,
Longitude du périhélie.	75	7	13,93 +	55,913 8 t	+ 0,000 111 1 t^2,
Longitude du nœud ascendant .	46	33	8,73 +	42,643 0 t	+ 0,000 083 5 t^2,
Plus grande équation du centre .	23	40	38,01 +	0,085 1 t	+ 0,000 003 6 t^2,
Inclinaison	7	0	7,71 +	0,063 14 t	+ 0,000 003 6 t^2.

Mouvement en 100 ans juliens.

De la longitude moyenne	74°	4′	14″,490 0
De la longitude du périhélie.	1	33	11,380
De la longitude du nœud	1	11	4,300

§ 174. PASSAGES DEVANT LE SOLEIL.

En 1607, *Képler* (Phaenomenon singulare seu Mercurius in Sole, 4°, Lipsiae, 1609. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 293) avait cru à tort apercevoir Mercure sur le Soleil. Il est probable que de fortes taches existaient alors sur le disque de cet astre.

Képler fut plus heureux dans l'annonce qu'il fit du passage de 1631 (Admonitio ad astronomos, 4°, Lipsiae, 1629. — Reproduit : Keplerus, Opa, VII, 1868, 589). Ce passage fut observé, le 9 novembre, par *Gassendi* (Mercurius in Sole visus, 4°, Parisiis, 1632. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV). L'entrée toutefois avait été manquée, et ce fut *Halley* qui observa le premier passage complet, à Ste-Hélène, en 1677.

Les périodes qui ramènent les passages de Mercure ont été indiquées avec beaucoup de précision par *Képler* (Admonitio citée plus haut). Elles ont été exposées plus tard avec plus de détails par *Halley* (London, PTr, 1691, 511).

Pour la bibliographie relative à ces passages, on trouvera les renseignements dans

2133. **Holden, E. S.** Index-catalogue of books and memoirs on the transits of Mercury; 8°, Cambridge (Mass.), 1878.

Formant le n° 1 des Bibliographical contributions edited by *J. Winsor.*

Nous avons parlé au § 133, p. 324, des phénomènes optiques que l'on observe dans les passages des planètes inférieures devant le Soleil. C'est là qu'on trouvera les sources à consulter sur ces apparences. En ce qui concerne plus particulièrement les passages de Mercure, on pourra voir

2134. **Schroeter, J. H.** Die Erscheinungen des Merkur auf der Sonne.

Dans ses Neueste Beyträge zur Erweiterung der Sternkunde, 8°, Göttingen, 1800; p. 26.

2155. Moll, G. On the transit of Mercury of May 5, 1832. **London, MAS, VI, 1833, 111.**

Et l'article de *Niesten* déjà cité sous le nº 1700.

§ 175. DIAMÈTRE.

Mercure est une des planètes dont le diamètre a été le plus fréquemment mesuré ; ce diamètre est cependant un de ceux au sujet desquels existent les discordances les plus considérables.

Valeurs attribuées au diamètre de Mercure.

(A la distance moyenne de la Terre au Soleil.)

Avant l'invention du télescope.

860 ∓	ALFRAGAN. (Elementa astronomica [A], diff. XXII.)	75″,2
880 ∓	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 20.)	125,33
1528.	FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; libr. I.)	132
1568.	URSTITIUS. (Theoricae novae planetarum Purbacchii; 8º, Basileae.)	120
1570.	E. DANTI. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4º, Bologna, 1577; nº XXII.)	132
1589.	MAGINI. (Novae coelestium orbium theoricae; 4º, Venetiis.) . .	120
1590 ∓	LANSBERG. (Uranometria, 4º, Middelburgi, 1631, lib. III.) . .	120
1602.	T. BRAHO. (**Brahaeus, AiP, 1602, 468. — Brahe, Opa, 1648, I, 294.**)	130

En faisant usage du télescope.

1630.	VAN DEN HOVE [HORTENSIUS]. (Cité par *Gassendi,* Institutio astronomica, lib. III, cap. 11. — Reproduit : **Gassendus, Opa, IV.**)	19
1631.	GASSENDI. (Epistola ad Schickardum de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4º, Parisiis, 1632. — Reproduit : **Gassendus, Opa, IV.**)	12,8
1647.	HEVELIUS. (Selenographia, fol., Gedani; cap. 4.)	17
1651.	F. M. GRIMALDI. (**Ricciolus, Alm, I, 708.**)	13,8
1661.	HUYGENS. (Cité par *Streete,* Astronomia carolina, édit. latine, 4º, Norimbergae, 1705; p. 98.)	9

1672. FLAMSTEED. (Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; t. I, p. 17.) . . . . 16″

1677. GALLET. (JdS_1, 1677, 349.) 16,2

1697. J. D. CASSINI, sur le Soleil, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1723, 271; 1743, 424.) 8,62

1719. POUND, sur le Soleil. (Cité par Le Monnier, Ins, 1746, 174.) . . 17,6

1723. J. CASSINI, sur le Soleil, au passage du 9 novembre de cette année. (Paris, H & M, 1723, 271.) 7,33

1723. DE L'ISLE, sur le Soleil, par le même passage. (Ibid., 328.) . . 7,125

1723. BRADLEY, au même passage, en faisant usage d'une lunette de 36m,6. (London, PTr, 1724, 229.) 7,34

Réduit par *Lagrange*. (Berlin, Mem_1, 1782, 169, art. 13. — Lagrange, OEu, V, 1870, 254.) 7,27

1736. J. CASSINI, par le temps d'entrée sur le Soleil, au passage de 1736. (Cassini, Elm, 1740, 580.) 6,67

1736. MANFREDI, sur le Soleil, au passage de 1736. (Paris, H & M, 1736, 351.) 9

1740. WINTHROP, par la durée de sortie au passage de 1740. (London, PTr, 1743, 572.) 6,98

1743. J. D. MARALDI, par la durée de sortie, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 287.) 6,83

1743. LE MONNIER, sur le Soleil, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 359.) 8,37

1743. J. CASSINI, sur le Soleil, au passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 389.) 6,0

1743. MANFREDI, sur le Soleil, par le passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 424.). 8,31

1743. VANDELLIUS, sur le Soleil, par le passage de cette année. (Paris, H & M, 1743, 424.). 10,35

1752. J. J. DE LALANDE, sur le Soleil, par des mesures à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1754, 599.) 6,5

1752. WARGENTIN, sur le Soleil, au passage de cette année. (Stockholm, Hdl_1, 1753, 219. — En allemand : Hdl'_1, 1753, 222.) . . 9

1756.	J. J. de Lalande, en discutant le passage de 1752. (Paris, H & M, 1756, 259. — Confirmé : Paris, H & M, 1782, 303.) . . .	6″,9
1756.	Observateurs de Pennsylvanie, par des mesures sur le Soleil, calculées par *Wurm.* (BaJ, 1797, 144.)	8,22
1782.	Williams & Winthrop, sur le Soleil. (Paris, H & M, 1782, 649.)	9,42
1782.	Messier, sur le Soleil. (Paris, H & M, 1782, 662.)	11,5
1782.	Wallot, micrométriquement, sur le Soleil. (BaJ, 1788, 150.)	6,453
1782.	Von Zach, par le temps d'entrée, lors du passage de cette année. (London, PTr, 1785, 152. — Comparez : BaJ, 1788, 150.)	6,046
1786.	Messier, calculé par *Delambre.* (EpM, 1789, 258.)	7,5
1786.	König, par la durée d'entrée sur le Soleil, calculs de *Fixlmillner.* (Acta astronomica cremifanensia, 4°, Styrae, 1791; p. 149.)	6,17
1786.	Maskelyne, par 11 mesures à l'héliomètre. (Maskelyne, Obs, II, 1786, 389.)	10,7
1786.	Lindley, par 24 mesures semblables. (Ibid.)	11,55
1787.	Hell, sur le Soleil, au passage de cette année. (EpV, 1790, 365.)	10
1789.	Pilgram, à l'héliomètre, au même passage. (EpV, 1790, 371.)	15
1800.	Wurm, en calculant les observations micrométriques faites à trois différents passages. (BaJ, 1803, 167.) — Passage de 1786. .	6,145
	— de 1789. .	6,050
	— de 1799. .	5,978
1801.	Schroeter, au micromètre. (Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen, 1816; p. 65.)	6,02
1804.	Wurm, par 200 observations, tant micrométriques que des durées d'entrée ou de sortie. (BaJ, 1807, 163.)	6,01
1832.	Mädler, par des mesures micrométriques pendant le passage de cette année. (ANn, X, 1833, 143.)	5,816 5
1832.	Bessel, d'une manière semblable. (ANn, X, 1833, 191.) . . .	6,697 4
1832.	Gambart, d'une manière semblable. (ANn, X, 1833, 260.) . .	5,184
1832.	Sanchez, Shireff & Montojo, d'une manière semblable [après réduction]. (London, MAS, VI, 1833, 200.)	6,721
1834.	J. F. J. Schmidt, par 14 mesures micrométriques. (ANn, LXV, 1865, 97.).	6,454
1835.	Main, à l'aide du micromètre à double image. (London, MAS, XV, 1855, 43.).	6,68

1859. Le Verrier, par les observations des passages sur le Soleil. (Paris, MOb, V, 1859, 182.) . . . . 6",68

1861. Von Parpart, à l'aide du micromètre filaire [après réduction]. (ANn, LVII, 1862, 10.) 6,70

1878. Todd, sur le Soleil, pendant le passage observé à Washington. (ANn, XCII, 1878, 384.) 6,60

1878. Cruls, par des mesures pendant le passage de cette année. (Annales de l'Observatoire de Rio de Janeiro, 4°, Rio de Janeiro; t. I, 1881, p. 116.) 6,018

Schroeter (Astronomische neueste Beiträge, 8°, Göttingen, 1800; p. 180) regardait l'aplatissement de Mercure comme insensible. *W. Herschel* (London, PTr, 1805, 214) trouvait le disque de la planète parfaitement rond, lors du passage devant le Soleil, arrivé en 1802. Mais en 1832, *W. Simms* (London, MAS, V, 1833, 382) faisait monter l'aplatissement à $\frac{1}{17,5}$.

§ 176. MASSE.

Les premières valeurs de la masse de Mercure dont on a fait usage étaient purement hypothétiques. *L. Euler* avait supposé (Paris, Rec, VIII, 1771, 125), en l'absence de données positives, que les densités des planètes étaient proportionnelles aux racines carrées de leurs mouvements moyens. La masse de Mercure, calculée dans cette hypothèse, s'est trouvée considérablement trop élevée.

La première détermination expérimentale de cette masse ne remonte, comme on le voit ci-dessous, qu'à 1841.

Valeurs trouvées pour la masse de Mercure.

1841. Encke, par les perturbations éprouvées entre 1832 et 1838 par la comète qui porte son nom. (Berlin, Ber, 1842, 51; aussi ANn, XIX, 1842, 189.) . . . . $\frac{1}{4\,865\,751}$

1842. R. W. Rothman, par le mouvement du périhélie de Vénus. (London, MNt, V, 180.). . . . . $\frac{1}{5\,182\,843}$

1861. Le Verrier, par les perturbations de Vénus. (Paris, MOb, VI, 92.) $\frac{1}{5\,310\,000}$

1861. Le Verrier, par les perturbations de la Terre. (Ibid., VI, 508.) . . . $\frac{1}{4\,500\,000}$

1876. Von Asten, par les perturbations de la comète de Encke de 1819 à 1868. (Saint-Pétersbourg, Mem, XXVI, 1879, n° 2, 98, 109.) $\frac{1}{7\,656\,440}$

1881. Tisserand, par les perturbations de Vénus. (Paris, Crh, XCII, 656.) $\frac{1}{7\,100\,000}$

Il y a entre ces déterminations moins d'accord qu'on ne serait en droit de l'espérer

§ 177. ROTATION.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, on n'avait pas réussi à observer la rotation de Mercure. *Vidal,* qui avait beaucoup observé cette planète près de sa conjonction, concluait des diminutions d'éclat offertes par le disque en certains instants, que Mercure a de grandes parties plus sombres, et il soupçonnait une rotation soit de 48^h, soit de 16^h (Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, 1799, p. 634). Mais ce fut *Schroeter* qui fit, en 1800, la première observation positive de la rotation, d'après les retours de la corne australe à une même figure arrondie (MCz, I, 1800, 574). Le calcul de ses observations a été repris plusieurs fois.

Valeurs attribuées à la durée de rotation de Mercure.

1801.	SCHROETER, d'après ses observations et celles de *Harding* sur la truncature de la corne australe. (MCz, IV, 221. — Aussi BaJ, 1804, 96.)	24^h 5^m 30^s
1810.	BESSEL, par cinq observations de *Schroeter* sur l'émoussement de la corne australe, en 1800 et 1801, embrassant un intervalle de 14 mois. (BaJ, 1813, 253).	24 0 52,97
1816.	SCHROETER, par une moyenne entre ses calculs et ceux de *Bessel,* relatifs à ces observations. (*Schroeter,* Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen ; p. 201.)	24 0 50,20

En mai et juin 1801, *Schroeter* a distingué sur le disque de Mercure, une bande restée visible pendant 47 jours consécutifs. Il conclut de ces observations (Hermographische Fragmente, p. 126) que l'obliquité de l'équateur de Mercure sur son orbite est de 20° environ. Il n'a pas calculé la position du nœud. Si l'on admettait que Mercure était au nœud vers le 1er juin 1801, époque moyenne (ou à peu près) des observations de cette bande, la longitude du nœud ascendant de l'équateur sur l'orbite serait d'environ 70°. Nous n'indiquons ce résultat que sous toute réserve.

§ 178. LUMIÈRE ET PHASES.

Il était naturel de chercher à suivre Mercure aussi près que possible du Soleil. Les anciens s'y étaient appliqués, et l'on avait pu voir cette planète, nous dit *Bède,* qui était du VIIIe siècle, jusqu'à 2 ½° du Soleil (*Beda,* De mundi coelestis terrestrisque constitutione, dans ses Opera, édit. fol., t. I).

Depuis l'invention du télescope, on a pu aller beaucoup plus loin. *De Graindorge* (Mercurius invisus, sed tamen prope Solem observatus, 4°, Cadomi, 1674) continuait à la voir longtemps, dans le voisinage de ses conjonctions. Mais *Vidal,* qui s'était adonné aux observations méridiennes de cette planète, et que *Lalande* avait surnommé « hermophile, » a suivi Mercure jusqu'à quelques minutes du bord du Soleil (*Lalande* Bibliographie astronomique, 4°, Paris. 1803; p. 829).

Les phases de Mercure n'ont été aperçues qu'après celles de Vénus. D'après un passage de *Képler* (Keplerus, Epi, fasc. II, 1620, lib. IV, part. ij, art. 5. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 552), il paraîtrait que Simon *Mayer* [en latin *Marius*] les aurait observées, vraisemblablement avant 1615. *Riccioli* a adopté cette opinion (Ricciolus, Alm, I, 1651, 484). C'est donc à tort que *Van den Hove* [en latin *Hortensius*] s'attribua l'honneur de les avoir découvertes (*Hortensius,* Dissertatio cum Gassendo de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4°, Lugduni Batavorum, 1633).

L'existence de ces phases fut confirmée successivement par *Biancani* entre 1630 et 1635 (Sphaera mundi, 3ᵉ édit., fol., Mutinae, 1635; lib. XI, cap. 3 et 4), par *Zupi* en 1639 (Ricciolus, Alm, I, 1651, 484. — Ricciolus, Ara, 1665, 373), et par *F. Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. V) vers la même époque.

Sur les évaluations photométriques relatives à Mercure, on verra :

Des comparaisons à α Aurigae, par *H. C. Vogel* (Bothkamp, Beo, II, 1873, 135);

Une recherche de *Zöllner* (APC_1, Jub, 187, 624), de laquelle il résulte que la surface de Mercure peut, au point de vue photométrique, être assimilée à celle de la Lune;

Enfin des observations comparatives entre Mercure et Vénus, faites par *Winnecke*, lors de la conjonction de ces deux planètes en 1877 (ANn, XCIV, 1879, 199).

H. C. Vogel a parlé, à deux reprises différentes, du spectre de Mercure : d'abord dans un travail spécial (Ueber das Spectrum des Merkur, dans Bothkamp, Beo, I, 1872, 64. — Reproduit : ANn, LXXVIII, 1872, 241); puis dans son travail plus général sur les spectres des planètes (APC_1, CLVIII, 1876, 462).

§ 179. CONSTITUTION PHYSIQUE.

Malgré l'emploi du télescope, les observateurs du XVIIᵉ et du XVIIIᵉ siècle ne nous ont presque rien laissé sur la constitution physique de Mercure.

Wallot, ayant observé le passage de novembre 1782, crut pouvoir conclure à l'existence d'une atmosphère autour de la planète, atmosphère dont la réfraction horizontale aurait produit un effet de 0",276 (London, PTr. 1784, 327). Mais au passage de 1802, *W. Herschel* ne voyait aucune trace d'atmosphère (London, PTr, 1803, 214).

La première étude physique de Mercure, ayant un caractère suivi, fut celle de *Schroeter* et de son compagnon *Harding*, qui a fait l'objet de deux publications, savoir :

2136. **Schroeter, J. H.** Hermographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Mercur.

Dans ses Neueste Beyträge zur Erweiterung der Sternkunde, 8°, Göttingen, 1800; Abth. I, p. 1. Avec 13 dessins des phases.

2137. **Schroeter, J. H.** Hermographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Mercur, zweyter Theil, 8°, Göttingen, 1816. — Avec 43 dessins.

Ces deux ouvrages sont les deux plus importants qui aient été publiés jusqu'ici sur la planète Mercure. On peut y ajouter les notices suivantes, relatives aux taches, soit claires, soit obscures, du disque de cette planète, et à l'aspect de ses cornes :

2138. **Harding, K. L.** Beobachtung zweier hellen Flecke auf der Merkurscheibe. **ANn, X, 1833, 220.**

2139. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Merkur. **Beer & Mädler, Frg, 1840, 204 (Bei, 1841, 141).**

2140. **Vogel, H. C.** Merkur. **Bothkamp, Beo, II, 1873, 133.**

Avec deux dessins des taches, de 1871.

2141. **Zöllner, J. C. F.** Photometrische Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Planeten Merkur. **APC_1, Jub, 1874, 624.**

§ 180. PRÉTENDU SATELLITE.

Pendant le passage du 5 mai 1832, *Schenck* aperçut une tache, voisine de la planète, qu'il prit pour un satellite (**ANn, X, 1833, 197.** — Reproduit : **ZfM, II, 1860, 198**).

C'était une tache du Soleil, qui a été remarquée par d'autres observateurs (**ANn, X, 1833, 198; XI, 1834, 32**).

CHAPITRE XI.

VÉNUS.

---

§ 181. MOUVEMENTS ET TABLES.

Nous avons parlé au § 144, p. 347, de l'identification de l'étoile du soir avec l'étoile du matin. Les mentions de Vénus sont rares, dans les ouvrages appartenant à la littérature la plus ancienne. On trouve cependant cette planète nommée dans *Job* (cap. XXXVIII, v. 13), vers le — XIVe siècle, et dans *Isaïe* (cap. XIV, v. 12), sous le nom de « soleil du matin, » au — VIIe.

Il en est également fait mention dans *Hésiode* (Opera et dies [G]), et *Homère* en parle, une seule fois cependant, comme étoile du soir (Ilias, lib. XXII, v. 317), et deux fois comme étoile du matin (Odyssea, lib. XIII, v. 93; Ilias, lib. XXIII, v. 226); c'est du reste l'unique planète qu'il cite dans tous ses poëmes.

Il est, au contraire, souvent question de Vénus dans les écrivains d'époques moins anciennes. Cette planète est mentionnée, entre autres, par *Virgile* (Æneis, lib. VIII, v. 589) et par *Martial* (Epigrammata, lib. VIII, n° 21). *Pline* (Historia naturalis, lib. II, cap. 8) dit qu'elle donne de l'ombre, fait qui a été fréquemment constaté depuis.

Sur une des tablettes en terre cuite, provenant de Ninive, qui sont au British Museum, *Hincks* a trouvé une observation babylonienne de Vénus, qui remonte à l'an — 684 (**London, MNt. XX, 1860, 319**).

Le 11 octobre — 271, *Timochares* observa une occultation, qui n'était peut-être qu'une appulse, de l'étoile η Virginis par Vénus (**Ptolemaeus, MCo, lib.** X, **cap. 4**); et le 13 octobre 117, *Théon* d'Alexandrie fit la première observation régulière d'une digression de cette planète (**Ptolemaeus, MCo, lib.** X, **cap. 1**).

Les observations diverses de Vénus, rapportées dans le cours de près de vingt siècles, depuis l'an — 271 jusqu'en 1662, sont présentées sous forme chronologique par *Riccioli* (**Ricciolus, Ara, 1665, I, 329-340**). Parmi ces observations il y a, en 510, une conjonction de Vénus avec Jupiter, dont on trouve la mention dans un manuscrit de la Bibliothèque nationale de Paris, examiné par *Boulliau* (**Bullialdus, Aph, 1645, lib.** IX, **cap. 6**).

Le changement qu'au dire de *Varron*, cité par saint Augustin (De civitate Dei; lib. xxi, cap. 8), on aurait remarqué très-anciennement dans la marche de Vénus, était probablement un phénomène qui n'avait pas de rapport avec cette planète; peut-être était-ce l'apparition d'une comète. Voyez au reste :

2142. **Freret, N.** Réflexions sur un ancien phénomène céleste, observé au temps d'Ogygès. **Paris, Ins, X, 1736, 357.**

On trouvera des monographies résumées de Vénus dans :

2143. **Arago, F.** Vénus. **Arago, Apc, II, 1855, 507.**

Et dans :

2144. **Flammarion, C.** La planète Vénus; l'étoile du berger.

Dans son Astronomie populaire, 8°, Paris, 1880; p. 449. — Reproduit dans le Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 1re série, 8°, Paris; t. XXV, 1879, p. 181 et suiv.

Parmi les recherches particulières auxquelles les mouvements de Vénus ont donné lieu, l'une des plus délicates, à cause de la faible excentricité de l'orbite, était celle de la position du périhélie et du mouvement des apsides.

J. Cassini avait fait de ce point une étude spéciale (**Cassini, Elm, 1740, 544, 564**). D'après la discussion à laquelle il s'était livré, la longitude du périhélie aurait été :

en + 138, d'après les observations de *Ptolémée* . . . . 261° 28′

par les conjonctions de 1592, 1594 et 1601, observées par *T. Brahé* . . 301 54

par les conjonctions de 1715, 1716 et 1718 . . . . 306 50

Les conjonctions de 1774, 1775 et 1777 donnaient à *Lalande* (**Paris, H & M, 1779, 449**), pour 1776 . . . . 307 41

De la combinaison de ces chiffres résultaient les valeurs choisies par différents astronomes, pour le mouvement séculaire des apsides.

La plus grande équation du centre avait aussi fait l'objet d'une discussion détaillée par *J. Cassini*, qui, d'après les conjonctions inférieures de 1715, 1716 et 1718, attribuait à cet élément la valeur (**Cassini, Elm, 1740, 562**) . . . . 49′ 8″

W. L. Krafft reprit ce travail à l'aide des données fournies par le passage de Vénus de 1769, et arriva au chiffre (**Petropolis, NCi, XVI, 1772, 649**) . . . . 49′ 6″

Mais ces valeurs étaient trop fortes. Ce fut *Lalande* qui eut le mérite de le montrer, en discutant les conjonctions observées à Pise, par *Slop de Cadenberg*, en 1774, 1775 et 1777. Le chiffre auquel il s'arrêta alors était (Paris, H & M, 1779, 447). 47′ 19″

Les conjonctions observées depuis 1774 jusqu'à 1783 ne lui fournirent qu'une correction insignifiante. Dans son dernier travail (Paris, H & M, 1785, 248), il portait la plus grande équation de Vénus à . . . . 47′ 20″

L'inclinaison étant faible, le lieu du nœud était également difficile à déterminer. *J. Cassini* (loc. cit.) le fixait, en — 271, par l'observation de *Timochares*, sous . . . . 54° 2′

par l'observation faite par *Horrocks* du passage du 4 décembre 1639. . 73 28 6″

et en 1698 . . . . 74 1 45

Lalande, à l'instant du passage de Vénus sur le Soleil, en 1769, le plaçait par (Lalande, Ast_3, II, 1792, 91) 74 56 20

La Caille, en comparant ses observations de 1746 à celles de *Lahire* en 1692, avait donné pour la marche séculaire du nœud Paris, H & M, 1746, 179) 1° 3′ 20″

Enfin la dernière valeur de l'inclinaison à laquelle *Lalande* s'était arrêté dans son mémoire de 1785 (Paris, H & M, 1785, 248), était, pour l'époque 1750,0 3° 23′ 35″

Les anciennes tables de Vénus, jusques et y compris celles de la dernière édition de l'Astronomie de *Lalande*, étaient purement elliptiques. En dehors des recherches générales des géomètres, sur les variations séculaires des éléments de l'orbite, on trouve le calcul des perturbations de Vénus dans :

2145. Lalande, J. J. de. Calcul des inégalités de Vénus, par l'attraction de la Terre. Paris, H & M, 1760, 309.

Ce calcul a servi de base à des tables d'équations, qui sont insérées dans CdT, 1762, 118, 119.

2146. Zach, F. X. von. [Gleichungen der Venus]. BaJ, Sup, III, 1797, 19.

2147. Schubert, F. T. Sekular-Gleichungen der Venus; periodische Gleichungen der Venus.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Pétersbourg, 1798; t. III, p. 228, 229.

2148. Laplace, P. S. de. Théorie de Vénus. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 9.

2149. **Schubert, F. T.** Inégalités séculaires de Vénus; inégalités périodiques de Vénus.

Dans l'édition en français de son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; t. III, p. 381, 382.

2150. **Pontécoulant, G. de.** Théorie de Vénus.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 412.

2151. **Le Verrier, U. J.** Théorie du mouvement de Vénus. **Paris, MOb, VI, 1861, 1, 169.**

2152. **Lehmann, W.** Säcularstörungen der Venus. **ANn, LX, 1863, 293.**

Indépendamment des tables de Vénus insérées dans les recueils généraux des tables des planètes (voir plus haut, § 156), on connaît les tables spéciales dont l'indication suit :

2153. **Hell, M.** Tabulae planetarum, ... Veneris ...; 8°, Viennae, 1764.

Recueil de tables pour les cinq planètes alors connues.

2154. **Lalande, J. J. de.** Nouvelles tables de Vénus, **CdT, 1789, 295.**

Ce sont celles qu'il a insérées, en 1792, dans la 3e édition de son Astronomie.

2155. **Triesnecker, F. v. P.** Tabulae Veneris novae e propriis elementis constructae. **EpV, 1790, 325.**

2156. **Lindenau, B. von.** Tabulae Veneris novae et correctae; 4°, Gothae, 1810.

Ces tables sont fondées sur une discussion sérieuse des observations de *Bradley*, comparées aux observations récentes.

2157. **Reboul, —.** Tables nouvelles de Vénus; 4°, Marseille, 1811.

Ces tables sont calculées sur les éléments de *von Lindenau*.

Traduction.

Tables of the planet Venus, including the perturbations originally computed by *Reboul*, according to the theory of *Laplace*, and the elements of *Lindenau*, now arranged in a more convenient form, and adapted to the meridian of Greenwich. **PMg₁, LVI, 1820, 261.**

2158. Le Verrier, U. J. Tables générales du mouvement de Vénus. **Paris, MOb, VI, 1861, 95.**

La correction des éléments, et le calcul à nouveau des perturbations, ont été faits avec un soin remarquable, dans la théorie qui sert de base à ces tables.

2159. **Hill, G. W.** Tables of Venus, prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac; 4°, Washington, 1872.

Ces tables sont fondées sur une correction des éléments de *Le Verrier,* effectuée d'après les passages de Vénus de 1761 et 1769, et les observations modernes de Greenwich, de Paris et de Washington.

Von Lindenau a donné (**MCz, XXIII, 1811, 207**) un aperçu historique des recherches sur la théorie et les tables de Vénus.

Voici les meilleures valeurs des éléments de Vénus, résultant des discussions auxquelles on s'est livré dans le XIX[e] siècle. La lettre *t* représente toujours le temps, en années juliennes de $365\frac{1}{4}^{j}$.

1810. Von Lindenau, en discutant les observations de Bradley (Tabulæ Veneris novæ et correctæ; 4°, Gothae):

Époque 1800, 0[j] 0[h], t m. Seeberg.

Longitude moyenne.	145° 6′ 53″,7 + 2 106 692″,5 *t*,
Longitude du périhélie.	128 43 6 + 46,981 *t*,
Longitude du nœud ascendant. . . .	74 53 42 + 30,721 *t*,
Inclinaison.	3 23 28,5 + 0,072 4 *t*,
Excentricité	0,006 861 82 — 0,000 001 088 *t*.

1838-1840. Main, en corrigeant les éléments précédents d'après les observations de Cambridge de 1833 à 1835 (**London, MAS, XI, 139; X, 295**) :

Époque 1750, 0[j] 0[h], t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	46° 18′ 12″,6 + 2 106 692″,35 *t*,
Longitude du périhélie	128 18 47,9
Longitude du nœud ascendant	74 27 16,1
Inclinaison	3 23 28,7
Excentricité.	0,006 888 98.

Le mouvement en longitude est obtenu en répartissant sur l'intervalle de 1765,0 à 1834,5 l'erreur que *Main* trouve aux Tables de *von Lindenau.*

1842. Glaisher, en corrigeant les éléments de *von Lindenau* d'après les observations de Greenwich de 1833 à 1839 (**London, MAS, XII, 200**) :

Époque 1836, janv. 1 à midi, t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	332° 1′ 33″,23
Longitude du périhélie.	129 15 3 + 49″,620 9 t,
Longitude du nœud ascendant. .	75 15 3,60 + 30,952 3 t,
Inclinaison.	3 23 34,34 + 0,100 33 t,
Excentricité.	0,006 845 68 — 0,000 000 820 0 t,
Demi-grand axe	0,723 246 4

1861. Le Verrier, par une nouvelle discussion des observations (**Paris, MOb, V, 95-97**) :

Époque 1850, janv. 1 à midi, t. m. Paris.

Longitude moyenne.	245°33′ 14″,70 + 2 106 691″,630 45 t + 0″,000 112 89 t^2,
Longitude du périhélie	129 27 14″,5 + 49,462 t — 0,000 593 t^2,
Longitude du nœud ascendant .	75 19 52,5 + 32,889 9 t + 0,000 150 8 t^2,
Inclinaison.	3 23 34,85 + 0,045 24 t — 0,000 001 56 t^2,
Plus grande équation du centre.	0 47 3,08 — 0,222 7 t + 0,001 04 t^2,

1872. Powalky, par les passages de Vénus devant le Soleil en 1761 et 1769 (**ANn, LXXX, 1873**) :

Époque 1850, janv. 1 à midi, t. m. Paris.

Longitude moyenne	245°33′ 14″,63 + 2 106 691″,632 5 t + 0″,000 113 t^2,
Longitude du périhélie	129 27 23,0 + 49,391 t — 0,000 59 t^2,
Longitude du nœud ascendant . .	75 19 52,5 + 32,481 t + 0,000 15 t^2,
Inclinaison	3 23 34,83 + 0,045 34 t,
Plus grande équation du centre. .	0 47 2,96 — 0,222 44 t.

1872. G. W. Hill, en corrigeant les éléments de *Le Verrier,* d'après les passages de 1761 et 1769, et les observations modernes de Greenwich, Paris et Washington (*Hill,* Tables of Venus, 4°, Washington, 1872, p. 2) :

Époque 1850, janv. 0^j 0^h, t. m. Washington.

Longitude moyenne	244°18′ 18″,32 + 2 106 691″,621 80 t + 0″,000 113 4 t^2,
Longitude du périhélie	129 27 42,86 + 50,049 4 t — 0,000 592 t^2,
Longitude du nœud ascendant .	75 19 53,10 + 32,515 0 t + 0,000 151 t^2,
Inclinaison.	3 23 31,01 + 0,038 14 t — 0,000 001 6 t^2,
Plus grande équation du centre .	0 47 2,988 — 0,206 30 t + 0,001 06 t^2,

§ 182. PASSAGES DEVANT LE SOLEIL.

Le prétendu passage de Vénus, dont *Alkindi* a parlé en 839 (*L. A. Sédillot,* Prolégomènes des tables d'Ouloug Beg, 2 vol. 8°, Paris; t. I, 1849, p. xviij), n'a pu être qu'une illusion due à la présence de taches solaires.

Képler est le premier qui ait indiqué l'époque à laquelle un passage de Vénus devant le Soleil devait se produire (Admonitio ad astronomos, 4°, Lipsiae, 1629. — Reproduit : Keplerus, Opa, VII, 1868, 589). L'observation du phénomène qu'il avait annoncé pour 1631 fut manquée. Mais au passage suivant, en 1639, l'entrée fut aperçue; toutefois ce ne fut que par un seul observateur, *Horrocks*, à Hool, près de Liverpool (*Horroxius*, Venus in Sole visa, inséré à la suite de : *Hevelius*, Mercurius in Sole visus; fol., Gedani, 1662).

On trouvera au chap. XXIX ce qui se rapporte aux observations proprement dites des passages des planètes inférieures devant le Soleil. Les effets optiques qui accompagnent ces phénomènes ont été considérés plus haut, § 155, p. 524.

Képler (loc. cit.), avait une idée générale des périodes qui ramènent les passages de Vénus. *Halley* les a exprimées d'une manière plus explicite (London, PTr, 1691, 511).

§ 183. DIAMÈTRE.

Les évaluations du diamètre de Vénus antérieures à l'invention du télescope sont fort défectueuses. Nous ne les conservons, dans le tableau suivant, qu'à titre de renseignement historique. Le vif éclat de cette planète devait en faire estimer le diamètre angulaire, plus grand qu'il n'était en réalité.

Valeurs attribuées au diamètre de Vénus.

(A la distance moyenne de la Terre au Soleil.)

Avant l'invention du télescope.

860 ∓	ALFRAGAN. (Elementa astronomica [A], diff. XXII.)	94
880 ∓	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 50.)	188
1528.	FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. I.)	300
1568.	URSTITIUS. (Theoricae novae planetarum Purbacchii, 8°, Basileae.)	630
1577.	E. DANTI. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4°, Bologna; tav. XXII.)	240
1589.	MAGINI. (Novae coelestium orbium theoricae, 4°, Venetiis.)	630
1590 ∓	LANSBERG. (Uranometria, 4°, Middelburgi, 1631; lib. III.)	180
1594.	ARGOLI. (Pandosium sphaericum, 4°, Patavii; cap. 52.)	195
1602.	T. BRAHÉ. (Brahaeus, AiP, 1602, 468. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 294).	195

En faisant usage du télescope.

Les plus anciennes mesures micrométriques ont été recalculées par *Wurm,* avec beaucoup de soin. Nous ne pourrons mieux faire que d'emprunter, pour ces déterminations, les résultats de son travail.

1612. Scheiner. (Tres espistolae de maculis solaribus, 4°, Augustae Vindelicorum; espist. ii. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843, 374.) . 50″

1620. Képler. (Keplerus, Epi, fasc. II, p. 485. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 326.). 115

1620 ∓ Galilée, par des observations vers la conjonction supérieure. (Cité Ricciolus, Ara, 1665, I, 359). 17,2

1622. Longomontanus. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami.) 90

1631. Gassendi. (De Mercurio in Sole viso, 4°, Parisiis, 1632; apud finem. — Reproduit : Gassendus, Opa, IV.) 60

1633. Van den Hove. (*Hortensius,* Dissertatio de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4°, Lugduni Batavorum.). 53

1633. Van den Hove, en comparant le diamètre de Vénus, près de la conjonction inférieure, à des distances connues entre des étoiles (ibid.) 28

1639. Horrocks, micrométriquement. (Calculé par *Wurm,* BaJ, 1807, 165.) 17,609

1641. Gascoigne, id. (Ibid., 165.). 21,213

1647. Hevelius. (Selenographia, fol., Gedani; cap. 55.) 25

1650. F. M. Grimaldi. (Ricciolus, Ara, 1665, I, 356.) 64,2

1659. Huygens, micrométriquement. (Calculé par *Wurm,* BaJ, 1807, 165.). 23,523

1660 ∓ Staudacher, dans une communication à *Riccioli.* (Ricciolus, Ara, 1665, I, 358.) 64,2

1673. Flamsteed, au micromètre. (Calculé par *Wurm,* BaJ, 1807, 165·). . 24,633

1700. La Hire, id. (Ibid., 166.) 17,610

1753. Short & Bevis, id. (Ibid., 166.) 17,398

1758. Canton, id. (Ibid., 166.). 17,234

1761. Hell, id. (Ibid., 166.) 19,330

1761. Short, id. (Ibid., 166.) 17,065

1762. Lalande, sur le Soleil pendant le passage de 1761. (Paris, H & M, 1762, 260.) 16,7

1788. Von Zach, micrométriquement. (Calculé par *Wurm*, BaJ, 1807, 166.) 15,546

1789-1794. Schroeter, id. (Ibid., 166-167.) 16,835

1791. W. Herschel, au micromètre. (Ibid., 166.) 18,790

1792. Schroeter, micrométriquement. (London, PTr, 1792, 317, 320, 324.) 16,7

1804. Wurm, en réduisant 22 observations micrométriques, sur le Soleil, au passage de 1761. (BaJ, 1807, 167.) 16,954

1804. Wurm, d'après 8 mesures semblables faites par les observateurs du passage de 1769. (Ibid., 167.) 16,810

1815. Arago, au micromètre à double image. (Arago, OEu, XI, 1859, 346.) 16,9

1822. Encke, par le passage de 1761. (Entfernung der Sonne, 8°, Gotha; p. 129.) 16,611

1833. Ferrer, par les durées d'entrée et de sortie au passage de 1769. (London, MAS, V, 281.) 16,676

1837. W. Beer & Mädler, par 66 observations micrométriques en plein jour. (ANn, XIV, 197.) 17,134 0

1839. Challis, par deux séries de mesures au micromètre à double image. (Cambridge, Obs, XII, 1841, 250, 252.) 17,51

1841. Challis, au micromètre à double image. (Cambridge, Obs, XIII, 1844, [143]) 17,57

1845. Airy, par des observations micrométriques. (Cité dans Paris, MOb, VI, 1861, 26, 201.) 16,566

1849. Lassell, à l'héliomètre (Réduit par *H. C. Vogel*, Bothcamp, Beo, II, 1873, 128.) 17,15

1849. Hartnup, au micromètre filaire. (Id., ibid.) 17,92

1849. Hartnup, au micromètre à double image. (Id., ibid.) 17,13

1849. R. A. Thompson, au micromètre filaire. (Id., ibid.) 17,77

1849. R. A. Thompson, au micromètre à double image. (Id., ibid.) . . . 17,58

1851. Wichmann, par les observations micrométriques de *Bessel*. (ANn, XXXII, 73.) 17,525

1854. Peirce, par les observations de 1845 et 1846 au mural de Washington. (AJl, III, 10.) . . . . 17″,092

1855. Main, avec le micromètre à double image. (London, MAS, XXV, 46.) 17,55

1856. Gilliss, calculé par *Gould*, au micromètre filaire. (The U. S. naval astronomical expedition to the Southern hemisphere; 3 vol. 4°, Washington; vol. III, p. cclxxxv.) 16,70

1857. Secchi, micrométriquement à la conjonction inférieure. (ANn, XLVI, 155.) 16,42

1865. J. Schmidt, par des mesures micrométriques de 1854 à 1857. (ANn, LXV, 97.) 17,18

1865. E. J. Stone, par les observations de Greenwich au cercle mural en 1839-1850 et au cercle méridien en 1850-1862. (London, MNt, XXV, 59.). 16,944

1871. Powalky, par les passages de 1761 et de 1769. (ANn, LXXVII, 271.) 16,918

1871. H. C. Vogel, au micromètre filaire. (Bothkamp, Beo, II, 1873, 127.) 16,867

1872. F. Kaiser, avec le micromètre à double image. (Leide, ASt, III, 216.) 17,400

1873. Plummer, par 113 mesures au micromètre à double image. (London, (MNt, XXXIII, 561.). 17,321

1874. Auwers, sur le Soleil, au passage de cette année. (Bericht über die Beobachtung des Venus-Durchgangs vom 8. December 1874 in Luxor, 4°, Berlin, 1878; p. 182) 16,957

1875. Tennant, par des mesures micrométriques sur le Soleil au passage de 1874. (London, MNt, XXXV, 347.) 16,905 6

1877. Downing, par les observations de hauteur, au cercle méridien de Washington, de 1866 à 1872. (London, (MNt, XXXVII, 399.) . . 16,738 6

1879. Hartwig, à l'héliomètre de Breslau. (Leipzig, Pub, XV, 10.) . . . 17,666

L'aplatissement de Vénus est généralement regardé comme insensible. Les observations méridiennes de *Vidal*, à la conjonction inférieure d'octobre 1807, donnent 60″,4 pour le diamètre vertical, et 61″,5 pour le diamètre horizontal (CdT, 1810, 375). Mais ces observations ne comportent pas la précision nécessaire pour décider un point aussi délicat.

§ 184. MASSE.

La première valeur qu'on ait attribuée à la masse de Vénus était, comme celle attribuée à Mercure, le simple résultat d'une hypothèse. *L. Euler* l'avait déduite (Paris, Rec, VIII, 1771, 123), dans la supposition que les densités des planètes inférieures sont dans le rapport des racines carrées de leurs moyens mouvements. Le fait n'a pas justifié cette hypothèse. Voici les valeurs de la masse de Vénus, qui ont été trouvées par des recherches directes.

Valeurs attribuées à la masse de Vénus.

1779.	Lagrange, d'après la précession des équinoxes. (BaJ, 1782, 115. — Reproduit : Lagrange, OEu, VII, 1877, 528.)	$\frac{1}{315\,510}$
	D'après les inégalités du mouvement du Soleil. (BaJ, 1782, 116. — Reproduit : Ibid.)	$\frac{1}{311\,420}$
1786.	Lalande, par les inégalités de la Terre. (Paris, H & M, 1786, 398.)	$\frac{1}{417\,200}$
1801.	Wurm, par les perturbations de la Terre, d'après 200 observations du Soleil de Greenwich. (MCz, IV, 137.)	$\frac{1}{321\,901}$
1802.	Laplace, par la diminution séculaire de l'obliquité de l'écliptique. (Laplace, TMc, III, liv. vi, ch. 6.)	$\frac{1}{383\,137}$
1802.	Delambre, en déduisant des observations du Soleil de Bradley et de Maskelyne, les coefficients des inégalités causées par Vénus. (Laplace, TMc, III, liv. vi, ch. 16.)	$\frac{1}{356\,632}$
1803.	Wurm, par les perturbations de la Terre. (BaJ, 1806, 155.) . . .	$\frac{1}{326\,849}$
1811.	Von Lindenau, par les perturbations de la Terre. (Tabulae Martis novae et correctae; 4°, Eisenbergi. — Aussi MCz, XXVIII, 1813, 114.)	$\frac{1}{349\,440}$
1815.	Burckhard, par les perturbations de la Terre. (CdT, 1816, 343.).	$\frac{1}{401\,839}$
1817.	J. J. Littrow, en comparant les observations du Soleil de Greenwich aux tables de Zach. (BaJ, 1820, 164.)	$\frac{1}{434\,030}$
1824.	Burckhart, par les perturbations de la Terre. (*De Laplace,* Expositions du système du monde, 5e éd., 2 vol. 4°, Paris; t. II, liv. iv, ch. 5.)	$\frac{1}{405\,871}$
1828.	Airy, d'après les inégalités tirées des observations du Soleil. (London, PTr, 1828, 50.).	$\frac{1}{401\,211}$

1842. Rothman, par l'équation séculaire du nœud de Mercure. (London, MAS, XII, 409, 415.) . . . . $\frac{1}{365\,308}$

1843. Le Verrier, par la variation séculaire du nœud de Mercure. (JdM_1, VIII, 354.) . . . . $\frac{1}{390\,000}$

1853. Hansen et Olufsen, par les inégalités du mouvement du Soleil. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague; p. 1.) . . . . $\frac{1}{408\,134}$

1858. Le Verrier, par les perturbations de la Terre. (Paris, MOb, IV, 102.) $\frac{1}{400\,246}$

1861. Le Verrier, par les perturbations de Mars. (Ibid., IV, 309.) . . . $\frac{1}{412\,150}$

1872. Hill, d'après le mouvement du nœud de Mercure. (Tables of Venus, 4°, Washington; p. 2.) . . . . $\frac{1}{427\,170}$

1876. Powalky, en comparant les tables du Soleil de Hansen et Olufsen aux observations de Dorpat de 1823 à 1839. (ANn, LXXXVIII, 265.) . . . . $\frac{1}{397\,000}$

§ 185. ROTATION.

La rotation de Vénus a été découverte, en 1665, par *J. D. Cassini,* qui l'a fait connaître dans un opuscule extrêmement rare, intitulé : Disceptatio apologetica de maculis Jovis et Martis annis 1666 et 1667, et de conversione Veneris circa axem suum; 4°, Bononiae, 1667. Cette découverte est annoncée, en outre, dans JdS_1, 1667, 182 (122 de la réimpression), article reproduit dans Paris, His, X, 1731, 467. Par l'observation d'une tache claire, il assignait alors à cette planète une rotation d'un peu moins d'un jour; mais ses observations n'ont été calculées rigoureusement que par *J. Cassini,* ainsi qu'on le verra plus loin.

Valeurs attribuées aux éléments de la rotation de Vénus.

Durée de la rotation sidérale.	Longitude du nœud ascendant de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.	Équinoxe auquel cette longitude se rapporte.	Inclinaison de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.

1726. Bianchini, par ses observations de Rome (Hesperi et Phosphori nova phaenomena, fol., Romae, 1728; cap. v, p. 66) :

24ʲ 8ʰ	50°	1726	75°

1732. J. Cassini, par le calcul des observations de *J. D. Cassini* (Paris, H & M, 1732, 197. — Aussi : Cassini, Elem, 1740, 515) :

23ʰ 15ᵐ	45°	1665?	75°

Durée de la rotation sidérale.	Longitude du nœud ascendant de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.	Équinoxe auquel cette longitude se rapporte.	Inclinaison de l'équateur de Vénus sur l'écliptique.

1732. J. Cassini, en discutant les observations de *Bianchini*, au point de vue de la durée de la rotation (**Paris, H & M, 1732, 213. — Aussi : Cassini, Elm, 1740, 525**) :

$23^h\ 20^m$			

1789. Schroeter, par ses observations des cornes, qui lui paraissent confirmer le nœud de Cassini (Cythereographische Fragmente; 4°, Erfurt, 1792. — Aussi : **London, PTr, 1795, 117**) :

$23^h\ 21^m\ 19^s$	45°	1789	72°

1801. Fritsch, par les retours d'une même dentelure de la phase (**BaJ, 1804, 214**) :

$23^h\ 22^m$			

1811. Schroeter, en rediscutant ses observations (Beilage zu der Aphroditographische Fragmente; 4°, Göttingen. — Aussi : **MCz, XXV, 366**) :

$23^h\ 21^m\ 7^s{,}977$			

1840-1850. De Vico, par ses observations en commun avec *Palomba*, à Rome (**Roma, Oss, 1840-41, 32; 1843, 31; 1849, 29; 1850, 140**) :

$23^h\ 21^m\ 21^s{,}934\,5$	57° 19′ 18″	1839	49° 57′ 34″.

§ 186. ÉCLAT ET PHASES.

La visibilité de Vénus, à la simple vue, pendant le jour, vers l'époque des plus grands éclats, a été souvent constatée. On peut voir, sur plusieurs circonstances historiques dans lesquelles ce phénomène a été remarqué :

BaJ, Sup, III, 1797, 219.

Reboul, Tables nouvelles de Vénus, 4°, Marseille, 1811; p. 10.

Schorr, Der Venusmond, 8°, Braunschweig, 1875; p. 112-118.

L'attention de *Halley* ayant été attirée par un de ces phénomènes, en juillet 1716; cet astronome calcula les conditions du plus grand éclat :

2160. **Halley, E.** An account of the cause of the late remarkable appearance of the planet Venus, seen this summer for many days together, in the day time. **London, PTr, 1716, 466.**

Il donne pour la condition du maximum d'éclat :

$$2 \text{ tang élongation} = \text{tang } \tfrac{1}{2} \text{ (parallaxe annuelle)}.$$

Halley avait supposé les orbites circulaires. *Kies* y introduisit la considération de l'ellipticité :

2161. **Kies, J.** Observation sur le plus grand éclat de Vénus, en supposant son orbite et celle de la Terre elliptiques. **Berlin, H & M, 1750, 218.**

Ce problème a encore été traité, de manières différentes, par *Cagnoli* (Encyclopédie méthodique, 1782; mot « Vénus »), et par *Boscovich* (Opera pertinentia ad opticam et astronomiam, 5 vol. 4°, Bassani; vol. IV, 1785, p. 388).

Des tables pour déterminer les époques du plus grand éclat de Vénus ont été données par

2162. **Wurm, J. F.** Ueber den grössten Glanz der Venus, samnst Tafeln für diese periodische Erscheinung. Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. II, 1798, p. 305.

L'auteur a développé les tables dans un autre travail :

2163. **Wurm, J. F.** Allgemeine Tafeln, um die grössten Digressionen der Venus, ihre obern und untern Conjunctionen, auch die Zeiten ihres grössten Glanzes, für alle Jahrhunderte zu berechnen. **BaJ, 1802, 183.**

Delambre, en supposant les orbites circulaires, trouve qu'à l'instant du plus grand éclat (**Delambre, Ast, II, 1814, 416**) :

Élongation. . . . . . . = 39° 43′ 26″,
Distance de ♀ à ♁. . = 0,430 4.

D'après *Reboul* (Tables de Vénus, 4°, Marseille, 1811; p. 11), la visibilité remarquable de Vénus commence 50 à 60 jours avant le maximum calculé, et dure 20 jours après cette époque, lorsque Vénus est étoile du soir; on doit renverser ces nombres, quand Vénus est étoile du matin. La phase, au moment du plus grand éclat, est suivant *Seidel* (Untersuchungen über die Lichtstärken der Planeten, 4°, München, 1859; p. 8) :

76° 13′,5.

Tous les 8 ans, le plus grand éclat revient à peu près aux mêmes saisons.

Au reste, dans certaines conditions atmosphériques, ce n'est pas seulement au temps de l'éclat maximum, qu'on aperçoit Vénus pendant le jour, à la vue simple. *A. de Humboldt* rapporte (**MCz, I, 1800, 410**) qu'il n'est pas difficile de la distinguer à l'œil nu, dans la zone des tropiques; et *von Zach* a confirmé cette observation par des extraits de divers voyageurs (**MCz, I, 1800, 410, note ***).

On ne peut pas cependant, à la simple vue, suivre Vénus aussi près du Soleil qu'on le fait pour Mercure. On la perd, dit *Bède* (De mundi cœlestis terrestrisque constitutione [VIIIe siècle], dans les éd. fol. de ses Opera, t. 1), dans ses conjonctions inférieures, à 4 $\frac{6}{7}$° du Soleil. Mais avec le télescope, il en est autrement. *Riccioli* rapporte qu'il l'a maintes fois suivie tout le jour (Ricciolus, Alm, II, 1651, 661). En 1691, *Lahire* ne cessa de la voir qu'à 1 $\frac{1}{2}$° du Soleil (Paris, His, II, 1733, 129). Plus tard on l'a suivie dans une proximité bien plus grande. *Vidal,* dont il a été question plus haut à propos de Mercure, l'a encore distinguée à 2′ seulement du bord du Soleil (MCz, II, 1800, 87).

Les phases de Vénus, dont *Copernic* ne doutait pas (Copernicus, Rev, 1543, lib. I, cap. 10), ont été découvertes par *Galilée* en décembre 1610 (Lettera al Padre B. Castelli a Brescia, 30 dec. 1610, publiée dans l'édit. des Opere de *Galilei* de Padoue, t. II, p. 43. — Reproduit : Galilei, Ope, VI, 1847, 134). L'existence en fut attestée en 1620 par *Biancani* (Sphaera mundi seu cosmographia, 4°, Bononiae, 1620; lib. XII, cap. 2). Ces phases, dit *Képler* (Keplerus, Epi, fasc. II, 1620, 536. — Reproduit ; Keplerus, Opa, VI, 1866, 352) montrent d'une manière indubitable que Vénus circule autour du Soleil.

§ 187. LUMIÈRE CENDRÉE.

Ce fut *Derham* qui mentionna le premier qu'on peut apercevoir parfois dans les télescopes la partie du disque de Vénus qui n'est pas illuminée par le Soleil (*Derham,* Astrotheology, 8°, London, 1714; bk. V, ch. 1. — Cet ouvrage a eu cinq éditions jusqu'en 1726; on connaît de plus une traduction latine, Neapoli, 1728; une traduction française, Paris, 1729 et Zurich, 1760; et une traduction allemande, Hamburg, 1732).

Des relevés plus ou moins complets des différentes observations connues de la lumière cendrée, sur le disque de Vénus, se trouvent dans les ouvrages suivants :

Klein, H. J. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, 2 vol. 8°, Braunschweig; vol. I, 1869, p. 67. — Aussi WfA, X, 1867, 329.

Schorr, F. Die Beleuchtung der Nachtseite der Venus; dans son ouvrage : Der Venusmond, 8°, Braunschweig, 1875; p. 145.

Klein, H. J. Die Sichtbarkeit der dunkebn Halbkugel des Planeten Venus; dans la revue : Gaea, Natur und Leben, 8°, Köln & Leipzig; vol. X, 1874, p. 154.

Dans ce dernier relevé, le nombre des observations s'élève à 23. On pourrait aujourd'hui en ajouter quelques autres.

Schorr fait la remarque (Der Venusmond, déjà cité, p. 150) que, dans certaines de ces observations, la lumière cendrée n'occupe qu'une partie du disque obscur.

On verra du reste sur ce phénomène :

2164. **Schafarik, A.** Ueber die Sichtbarkeit der dunkeln Halbkugel des Planeten Venus.

Dans les Sitzungsberichte der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, 8°, Prag; année 1873, p. 243.

Traduction.

On the visibility of the dark side of Venus (par l'auteur). **British Assoc, Rep, 1873, 404.**

La première idée qui s'est présentée, relativement à la cause de la lumière cendrée de Vénus, était celle d'un éclairement par la Terre, analogue à celui qui produit la lumière cendrée de la Lune. Telle était l'opinion exprimée par

2165. **Rheinauer, J.** Die Erleuchtung des Planeten Venus durch die Erde; 8°, Freiburg, 1859.

La cause de cet éclairement résiderait-elle, au contraire, dans des aurores polaires de Vénus? Voyez sur cette question :

2166. **Heen, P. de.** De la lumière secondaire de Vénus. Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 1re sér., 8°, Paris; t. XI, 1872, 278.

D'autre part, *Klein* s'est prononcé pour une phosphorescence :

2167. **Klein, H. J.** Die Phosphorescenz der Nachtseite der Venus.

Dans son Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 8°, Braunschweig, 1880; p. 101.

§ 188. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

La première comparaison photométrique ayant Vénus pour objet, est celle dans laquelle *Olbers* trouva cette planète, au plus grand éclat, 19 à 23 fois aussi brillante que α Tauri (**MCz, VIII, 1803, 308**).

Seidel (Untersuchungen über die Lichtstärken der Planeten, p. 18; dans le volume : Monumenta saecularia, publié par la *Bayerische Akademie der Wissenschaften*, 4°, München, 1859) a comparé Vénus à α Lyrae, au moyen du photomètre objectif de

Steinheil. En prenant l'éclat de Wega pour unité, il a trouvé celui de la planète.... 3,77. En prenant l'éclat de Jupiter pour unité, il a obtenu pour Vénus à son plus grand éclat.... 4,72. L'albédo de Vénus est, d'après le même observateur, 0,908 de celui de Jupiter.

En 1861, *G. P. Bond* (**Boston, Mem$_2$, VIII, 1863, 286**) donnait à Vénus, à son plus grand éclat, 4,86 fois l'éclat de Jupiter, et $\frac{1}{642\,600\,000}$ de celui du Soleil. A la distance 1 de la Terre et 0,723 3 du Soleil, il trouvait Vénus égale à $\frac{1}{514}$ de la pleine Lune. Enfin il fixait l'albédo de Vénus à 0,809 de celui de Jupiter.

En 1876, *Plummer* (**London, MNt, XXXVI, 354**) a comparé Vénus dans son plus grand éclat à la Lune pleine, par l'intermédiaire d'une bougie, et en a déduit pour le rapport photométrique entre les deux astres.... $\frac{1}{799,5}$. Sirius, dit-il, est $\frac{1}{9}$ de Vénus, et pourtant son éclat est encore suffisant pour jeter de l'ombre.

En 1878, Vénus s'étant approchée de Mercure de telle sorte que ces deux planètes étaient ensemble dans le champ des lunettes, *Nasmyth* trouva Vénus 2 fois au moins aussi brillante que Mercure; il compare la première à de l'argent bien nettoyé, et le second à du plomb fraîchement coupé (Proceedings of the literary and philosophical Society of Manchester, 8°, Manchester; vol. XVIII, 1879, p. 2).

Zöllner attribue à Vénus, par son colorimètre, la cote 27°,9 (**ANn, LXXI, 1868, 529**).

La distribution de la lumière sur le disque de Vénus a paru à *Brett* (**London, MNt, XXXVII, 1877, 126**) rappeler celle des surfaces polies. *Christie*, ayant cherché la position du point brillant, en éteignant tout le reste de la lumière du disque au moyen d'un appareil à polarisation, a trouvé, en effet, que la dernière partie qui demeure visible est au point spéculaire (**London, MNt, XXXVIII, 1878, 108**).

Il existe plusieurs recherches sur le spectre de Vénus, savoir :

Vogel, H. C. Das Spectrum der Venus; dans : **Bothkamp, Beo, I, 1872, 64.**

Secchi, A. Sugli spettri prismatici del pianeta Giove e degli altri pianeti. Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; année 1874, p. 97. — Reproduit : **Spettr. ital, Mem, III, 1874, 113.** — Dans ce travail, il est traité du spectre de Vénus, après celui de Jupiter.

Vogel, H. C. Spectrum der Venus; dans **APC$_1$, CLVIII, 1876, 464.**

Il existe, en outre, une note sur la photographie du spectre de Vénus :

2168. **Draper, H.** Photographs of the spectra of Venus and α Lyrae. **AJS$_3$, XIII, 1877, 95.**

§ 189. CONSTITUTION PHYSIQUE.

C'est à *F.Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. v) qu'on doit la découverte des taches de Vénus. Il les avait remarquées en 1645. *Burattini,* qui résidait en Pologne, confirma cette observation en 1665 (JdS_1, 1665, 287). Ces taches, disait-il, sont « analogues à celles de la Lune » (JdS_1, 1666, 33 (23), 101 (61)). Ce fut aussi en 1665 que *J. D. Cassini* commença à les observer, et que, par leurs changements apparents, il découvrit la rotation de Vénus (voir plus haut, § 185).

Bien que ces taches soient fort difficiles à apercevoir, c'est, comme on l'a vu, par leur moyen que *Bianchini,* au XVIII[e] siècle, et *De Vico,* dans le siècle présent, ont calculé la rotation de la planète. Dans ces derniers temps, différents astronomes les ont aperçues. Nous citerons notamment *Buffham* (ARr, VI, 1869, 133, 197), *Langdon* (London, MNt, XXXII, 1872, 305), *Elger,* (London, MNt, XXXIII, 1873, 424), *Terby* (Bruxelles, Bul_2, XLIX, 1880, 214) et *Denning* (London, MNt, XLII, 1882, 109).

En 1813, *Gruithuisen* a signalé des taches blanches vers les pôles de Vénus. Cet aspect lui paraît surtout prononcé au pôle sud, où il le regarde comme produit par une calotte de glaces. Voyez

2169. **Gruithuisen, F. v. P.** Physikalisch-astronomische Beobachtungen.

Dans Nova acta Academiae naturae curiosorum; Verhandlungen der Deutschen Akademie der Naturfoscher, 4°, Bonn; vol. X, 1821, p. 239.

L'existence d'inégalités du sol résulte des nombreuses observations sur la déformation des cornes, qu'on trouve répandues dans les auteurs classiques cités plus loin. Mais, en outre, le terminateur présente des dentelures, que *Lahire* a été le premier à signaler (Paris, H & M, 1700, 288).

A la conjonction inférieure, le croissant s'étend au delà du 180° de la circonférence. L'observation la plus curieuse à cet égard est celle de

Lyman, C. S. Venus as a luminous ring. AJS_3, IX, 1875, 47.

Schroeter a déduit d'observations de ce genre la valeur de la réfraction horizontale, dans l'atmosphère de Vénus. Il trouvait (Aphroditographische Fragmente, 4°, Helmstadt, 1796; p. 158) le chiffre

30',6.

Mädler tirait d'observations analogues faites à Dorpat en 1849 (ANn, XXIX, 1849, 107),

43',7.

Flammarion, d'après ses observations de 1866, et celles du passage de la planète devant le Soleil en 1874, donne (Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 8°, Paris; t. XIX, 1876, p. 245)

54′.

La question des crépuscules sur Vénus a été examinée par

2170. **Huth, J. S. G.** Einige physisch-astronomische Bemerkungen. BaJ, 1810, 247.

Celle de l'existence d'une atmosphère autour de cette planète a été traitée en détail par *H. W. Brandes* (Die vornehmsten Lehren der Astronomie in Briefen, 4 vol. 8°, Leipzig, 1816; vol. III, p. 268, 305). Après avoir discuté les relations données par différents astronomes de diverses observations, il conclut par l'affirmative.

Sur l'apparence présentée par cette atmosphère, pendant les passages de Vénus sur le Soleil, on verra, outre les relations des observations elles-mêmes,

2171. **Röhl, L. H.** Merkwürdigkeiten von den Durchgängen der Venus; 8°, Berlin, 1768.

Les principales planètes, et Vénus en particulier, sont-elles entourées d'une sphère lumineuse, une « photosphère, » s'étendant à une distance considérable? *Pastorff* a prétendu en avoir fait l'observation (BaJ, 1823, 157; 1825, 235). Mais on peut voir les objections de *Ritz* (BaJ, 1826, 190); et jusqu'à nouvel informé, on a lieu de croire qu'il s'agit seulement ici d'une illusion d'optique.

Les ouvrages classiques traitant de la constitution physique de Vénus, qu'on doit étudier lorsqu'on veut se former une idée de l'état de nos connaissances à l'égard de cette planète, sont les suivants :

2172. **Schroeter, J. H.** Cythereographische Fragmente, oder Beobachtungen über sehr betrachtlichen Gebirge und Rotation der Venus; 4°, Erfurt, 1793.

2173. **Schroeter, J. H.** Aphroditographische Fragmente zur genauern Kenntniss des Planeten Venus; 4°, Helmstedt, 1796.

Le second de ces ouvrages couvre le même champ que le premier, mais d'une manière plus complète. L'auteur évalue la hauteur des montagnes de Vénus, d'après la troncature de la corne australe. Il trouve pour la surélévation, dans cette région de la planète, $\frac{1}{214}$ du rayon de Vénus, ou quatre fois plus que l'altitude relative des plus hautes montagnes de la Terre.

2174. **Herschel, W.** Observation on the planet Venus. **London, PTr. 1793, 201.**

2175. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Venus. **Beer & Mädler, Frg, 1840, 183 (Bei, 1841, 127).**

Ces astronomes constatent que la partie brillante du disque est toujours plus étroite qu'elle ne devrait l'être. Ils attribuent la différence à l'ombre des montagnes situées dans le terminateur. Ils calculent alors que les montagnes qui produiraient des ombres capables d'engendrer cet effet, ne seraient pas proportionnellement plus élevées que celles de notre globe. Les diagrammes de Vénus, qui accompagnent cet ouvrage, sont reproduits dans : *Mädler,* Populäre Astronomie, 8°, Berlin, 1841, et édit. suiv.; Tab. II.

Comme collection de dessins de Vénus et de ses phases, on peut citer, indépendamment de celles qui se trouvent dans les ouvrages que nous venons d'appeler classiques, la série de 54 figures, due à

2176. **Vico, F. de.** Rotazione di Venere sul proprio asse. **Roma, Oss, 1839, 42.**

§ 190. SATELLITE ?

Le satellite de Vénus est encore une énigme. La plus ancienne observation dans laquelle on en parle est de *F. Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. v), et porte la date du 15 novembre 1645. Une observation semblable a été renouvelée ensuite par sept autres astronomes, dont quelques-uns ont suivi le prétendu satellite pendant plusieurs jours, tellement que *Lambert* a pu en rassembler 14 positions d'une précision plus ou moins grande (**BaJ, 1777, 187**).

On trouvera les diverses observations analysées dans les notices suivantes :

Hell, M. Relatio observationum satellitis Veneris...; dans **EpV, 1766, 15-32.**

Haase, C. Tabellarische Uebersicht der Beobachtungen eines angeblichen Venusmondes; dans **ZfM, III, 1864, 15 & 16.**

Schorr, F. Beobachtungen des Venusmondes; dans son ouvrage : Der Venusmond, 8°, Braunschweig, 1875; p. 66 & 67.

Lambert a cherché à représenter les observations par une orbite elliptique (Berlin, Mem_1, 1775, 222); il a trouvé :

Époque 1760,0.	Longitude aphroditocentrique . . .	120°
	Longitude périaphrodite	169 + 109° *t*,
	Longitude du nœud ascendant . . .	149 — 97 *t*,
	Inclinaison	64
	Excentricité.	0,195
	Distance moyenne à Vénus	$66\frac{1}{2}$ rayons de la planète,
	Révolution	$11^j\ 5^h$.

La lettre *t* représente le nombre d'années écoulées à partir de l'époque.

Cette orbite représente assez exactement 14 positions; mais comme *Lambert* a admis parmi les inconnues le mouvement du périhélie et celui du nœud, on voit qu'il disposait de neuf quantités, pour satisfaire à des observations souvent assez vagues et susceptibles, par conséquent, d'une certaine latitude dans l'interprétation.

Schorr (Der Venusmond déjà cité; p. 9), ayant recalculé la durée de la révolution, est arrivé au chiffre

$$12^j,170\,7 = 12^j\ 4^h\ 6^m.$$

La masse de Vénus, déduite des éléments qui précèdent, serait près de sept fois trop considérable, ce qui jette un doute très-grave sur le bien-fondé des calculs.

Aussi a-t-on cherché diverses explications pour rendre compte des observations, sans admettre qu'il s'agit d'un véritable satellite.

Hell (EpV, 1766, 57) croit que la miniature de Vénus, aperçue près de la planète, est due à une réflexion sur les surfaces des lentilles oculaires. *Boscovich* (Dissertationes quinque ad dioptricam pertinentes, 4°, Vindobonae, 1767; n° v, vers la fin) partage cette opinion.

Von Ende s'est demandé (MCz, XXIV, 1811, 494) s'il ne s'agirait pas d'astéroïdes situés entre Mars et Jupiter, accidentellement voisins de Vénus aux époques des observations. *Bertrand* a reproduit recemment cette conjecture (JdS_3, 1875, 456).

Les astronomes désireux d'examiner à fond cette question énigmatique pourront consulter, outre les observations originales,

2177. **Baudouin, —.** Mémoire sur la découverte du satellite de Vénus, et sur les nouvelles observations qui viennent d'être faites à ce sujet; 12°, Paris, 1761.

Suivi d'un autre opuscule du même auteur, intitulé : Remarques sur une quatrième observation du satellite de Vénus.

Traduction.

Von der Entdeckung eines Trabanten der Venus und den neuen Beobachtungen desselben; 8°, Berlin, 1761.

2178. **Hell, M.** De satellite Veneris. **EpV, 1766, 1.**

2179. **Haase, C.** Von den Wahrnehmungen welche von einigen auf die Existenz eines Venusmondes bezogen sind. **ZfM, II, 1860, 241; III, 1864, 1.**

2180. Schorr, F. Der Venusmond; 8°, Braunschweig, 1875.

CHAPITRE XII.

LA TERRE.

---

§ 191. ISOLEMENT ET RONDEUR.

L'idée de l'isolement de notre globe et de sa suspension dans l'espace remonte à l'antiquité. *Eudoxe* regardait la Terre comme une sphère isolée de toutes parts (*Diogenes Laertius,* De vitis, dogmatibus et apophtegmatibus clarorum philosophorum [G], lib. VIII, cap. 90; *Cicero,* De divinatione [L], lib. II, cap. 42). *Démocrite* exprima plus tard la même opinion (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 13, 15). Mais c'est dans *Aristote* (Problemata [G], sect. XV, quaest. 5; aussi De coelo [G], lib. II, cap. 4, 14) qu'on trouve ce fait établi, pour la première fois, sur des bases vraiment scientifiques. Ce grand philosophe n'affirme pas seulement l'isolement de la Terre; il conclut sa rondeur des inclinaisons diverses de la sphère céleste, suivant le parallèle terrestre qu'on occupe; il démontre enfin sa sphéricité, par la figure de l'ombre qu'elle projette dans les éclipses de Lune.

Aryabhatta, chez les Hindoux, admettait aussi la rondeur et l'isolement de la Terre (*Colebrooke,* Miscellaneous essays, 2 vol. 8°, London; vol. II, 1837, p. 467). On peut donc regarder cette notion comme ayant acquis, dans l'antiquité, un caractère de généralité.

Une des conséquences de cette conception, c'était l'existence des antipodes. *Cicéron* (Quaestiones academicae [L], lib. IV, cap. 39), *Pline* (Historia naturalis [L], lib. II, cap. 65), *Plutarque* (De facie in orbe Lunae [G]) se montraient disposés à l'admettre. Ce fut seulement par des raisons accessoires qu'au IV[e] siècle, les pères de l'Église romaine la rejettèrent, notamment *Lactance* (Institutiones divinae; lib. III, cap. 24), et saint *Augustin* (De civitate Dei; lib. XVI, cap. 9). Mais cette opposition systématique et mal appuyée finit par tomber. On a fait la remarque qu'au XVI[e] siècle, peu d'années avant la circumnavigation de *Magellan,* le chroniqueur bavarois *Thürmayer,* plus connu sous le nom latin d'*Aventinus,* avait encore combattu l'existence des antipodes, dans ses Annales bojorum, publiées à Ingolstadt, en 1554, in-fol; voir lib. III.

Le groupement de toutes les parties du globe autour de son centre est, dit *Platon* (Phaedon [G]), l'effet d'une attraction. La Terre ne tombe pas dans un sens déterminé, dit de son côté *Manilius* (Astronomicon [L], lib. I, v. 163, 187), parce que ses différentes parties tombent en tous sens. Au XIV[e] siècle, *Dante* formula d'une manière plus précise cette considération : il définit le centre de la Terre, le point de concours de tous les corps pesants (Inferno, cant. XXXIV, v. 90, 110, 111).

§ 192. ANNÉE TROPIQUE.

Nous avons parlé au § 144, p. 344, des mouvements de la Terre, et aux §§ 145 et 146 de la célèbre controverse qui s'est élevée à ce sujet. Il ne nous reste à considérer ici que le transport, toujours parallèlement à lui-même, de l'axe de rotation du globe. *Copernic*, en considérant la Terre comme un corps qui se meut autour d'un centre fixe, avait cru que l'axe de rotation devrait conserver une inclinaison constante sur le rayon vecteur. Il pensait donc que l'action périodique d'une force particulière, était nécessaire pour le ramener au parallélisme (**Copernicus, Rev, 1543, lib. I, cap. 11**). Mais *Képler* combattit cette idée avec beaucoup de justesse, le parallélisme, suivant lui, devant se maintenir naturellement (**Keplerus, Epi, fasc. I, 1618, lib. I, part, V, n° 5.** — Reproduit : **Keplerus, Opa, VI, 1866, 173**). Parlant du maintien parallèle de l'axe, il dit aux astronomes de son temps, suivant l'expression pittoresque d'*A. de Morgan* (A budget of paradoxes, 8°, London, 1872; p. 361) « you need not pay so dear for it. » La force périodique de *Copernic* était ainsi supprimée.

Mais si le parallélisme de l'axe avec lui-même se maintient par la seule inertie, l'excursion annuelle du Soleil entre les tropiques demeure comme effet d'oscillation. Le mot « tropai » est dans *Hesiode* (Opera et dies [G]), et aussi dans *Homère* (Odyssea [G], lib. XV, v. 403). La course annuelle du Soleil dans l'écliptique, oblique à l'équateur, est décrite par *Ovide* (Metamorphoses [L], lib. II, v. 70).

Les plus anciens peuples ont mesuré, au moins approximativement, la durée de l'année tropique. Ceux qui disposaient d'une longue série d'observations, pouvaient y apporter plus de précision que ceux dont la civilisation était récente. C'est ce qui ressort clairement du tableau suivant.

Valeurs attribuées à l'année tropique.

		Durée de l'année tropique.
— 3101?	Les HINDOUX, d'après les tables rapportées de Tirvalour par *Legentil*. (*Bailly*, Traité de l'Astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 124.) . .	365^j $5^h 50^m 35^s$
— 750 ∓	Les CHALDÉENS. (*Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 27.)	365 5 50 37
— VIe siècle.	EUCTEMON. (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 139.**) . .	365 6 18 56,85
— 520 ∓	HARPALUS. (*Censorinus*, De die natali, cap. 7.) . .	365 13
— 500 ∓	Les ÉGYPTIENS. (*Herodotus*, Historia [G], lib. II, cap. 4, 5.)	365 6 0
— 330.	CALIPPE. (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 139.**) . . .	365 6 0

		Durée de l'année tropique.			
— 280.	ARISTARQUE. (*Bailly,* Histoire de l'Astronomie moderne, 2e édit., 3 vol. 4°, Paris, 1785; t. I, p. 440.)	365j	5h	49m	50s
— 250 ∓	ARCHIMÈDE. (Ricciolus, Alm, I, 1651, 139.) . .	365	6	0	
— 200 ∓	ENNIUS. (*Censorinus,* De die natali, cap. 7.) . . .	366			
— Ier siècle.	GEMINUS. (Isagoge in phaenomena, cap. 6.). . .	365	6	0	
+ 140.	PTOLÉMÉE, par ses observations comparées à celles d'*Hipparque.* (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 2.)	365	5	55	14
IIe siècle.	OENOPIDES. (*Censorinus,* De die natali, cap. 7.) . .	365	8	57	
200?	APHRODIUS. (*Censorinus,* De die natali, cap. 7.) . .	365	3		
220 ∓	AFRICANUS. (Fragmenta; dans : *Thévenot,* Mathematici veteres, fol., Parisiis, 1694.)	365	6	3	
IIIe siècle?	SAMUEL. (*Munsterus,* Kalendarium hebraicum; 4°, Basileae, 1527.)	365	6	0	
290 ∓	ADDA. (*Munsterus,* Kalendarium hebraicum; 4°, Basileae, 1527.)	365	5	55	25,44
880.	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 27.) . . .	365	5	46	30
1091?	Les HINDOUX. (*Burgess*, Translation of Sûrya Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. I, p. 17.) . . .	365	5	52	14,0
1210.	THEBIT ben Corrah. (*Bailly,* Histoire de l'Astronomie moderne, 2e édit., 3 vol. 4°, Paris, 1785; t. I, p. 591.).	365	5	48	49
1230.	ABOUL-HHASSAN. (*J. J. Sédillot,* Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; part. I, ch. 5, t. I, 1834, p. 82).	365	5	54	1
1250.	ALPHONSUS. (Cœlestium motuum tabulae, 4°, Venetiis, 1483. — Comparez : *Purbacchius,* Theoricae novae planetarum, fol., [Norimbergae, 1472])	365	5	49	15,96
1271.	NASSIR-EDDIN. (*Bailly,* Traité de l'Astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 155.)	365	5	49	2
1278.	COCHÉOU-KING, à la Chine. (Paris, H & M, 1757, 140.)	365	5	48	49
1310 ∓	DANTE Alighieri. (*Mazzonus,* Difesa della Comedia di *Dante,* 4°, Cesena, 1573; lib. III, cap. 26.). . . .	365	5	45	36
XIVe siècle.	Les PERSES. (*J. J. Scaliger,* Opus de emendatione temporum, fol., Parisiis, 1583; lib. IV, cap. 4.) . .	365	5	48	30

	Durée de l'année tropique.
XIVe siècle. Les Perses. (*Longomontanus,* Astronomia danica, fol., Amsterodami, 1622; theoric. lib. I, cap. 2) . .	365^j 5^h 48^m 43^s,5
XIVe siècle. Les Perses. (Bullialdus, Aph, 1645, lib. II, cap. 3.)	365 5 48 59
1346. Chrysococca. (*Bailly,* Traité de l'Astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 155.)	365 5 48 57
1350 ∓ I. Argyre. (*Argyrus,* Computus ecclesiasticus, dans : Petavius, Doc, II, 1630.)	365 5 52 48
1437. Ulug-Beg. (*Bailly,* Histoire de l'Astronomie moderne, 2e édit., 3 vol. 4°, Paris, 1785; t. I, p. 612.) . . .	365 5 49 45
1478. Walther. (Cité : Ricciolus, Alm, I, 1651, 139.) . .	365 5 48 50
1543. Copernic. (Copernicus, Rev, lib. III, cap 14.) . . .	365 5 49 6
1543. Cardanus. (Libelli duo, 4°, Norimbergae; libel. II, de restitutione temporum.)	365 5 48 41
1551. Reinhold, d'après les observations de *Copernic.* (Tabulae prutenicae; 4°, Tubingae.)	365 5 49 16,39
1560. Pitati. (*Pitatus,* Compendium super annua solaris, 4°, Veronae.)	365 5 49 0
1561. Santbech. (Problemata astronomica; fol., Basileae.) . .	365 5 48 41,71
1580 ∓ Maestlin. (Keplerus, Epi, I, 1618, 341. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 274.)	365 5 49 15,77
1582. Clavius. (Romani calendarii a Gregorio XIII restituti explicatio; fol., Romae, 1603. — Reproduit dans ses Opera mathematica, 5 vol. fol., Moguntiae, 1612; vol. V.)	365 5 49 12
1589. Magini. (*Maginus,* Novae coelestium orbium theoricae, 4°, Venetiis; theoric. Solis, cap. 10.)	365 5 49 16
1600 ∓ Les Hindoux modernes. (Calcutta, AsR, II, 1790, 276.)	365 5 47 15
1602. T. Brahé. (Brahaeus, AiP, 1602, I, 53. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 22.)	365 5 48 45
1614. Origan. (*Origanus,* Brevis ac utilis themotographia, 4°, Francofurti Marchionum.)	365 5 49 15,76
1622. Longomontanus. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; theoric., lib. I, cap. 2.)	265 5 48 55

	Durée de l'année tropique.
1627. Képler. (Tahulae rudolphinae; fol., Ulmae.)	365j 5h 48m 57s,6
1627. Petau. (Petavius, Doc, I; cap. 25.)	365 5 49 0
1633. Lansberg. (*Lansbergius,* Tabulae motuum cœlestium perpetuae, 4°, Middelburgi ; canones Solis. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; tabul., p. 15.)	365 5 48 57,04
1644. Wendelin. (*Wendelinus,* Luminarcani, 4°, Antuerpiae ; tabulae atlanticae idea.)	365 5 49 5,45
1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, lib. II, cap. 3.)	365 5 49 4,35
1651. Riccioli. (Ricciolus, Alm, I, 139.)	365 5 48 40,0
1661. Streete. (Astronomia Carolina, 4°, London; tables.). .	365 5 48 8
1687. Flamsteed. (Newtonus, PPm, lib. I; aussi Theoria Lunae, dans ses Opera, édit. Horsley, t. III, 1782, p. 245.)	365 5 48 57
1719. Halley. (Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1740.). .	365 5 48 54,8
1740. J. Cassini, par la comparaison d'anciens équinoxes avec les observations modernes. (Cassini, Elm, 207.) . .	365 5 48 49
1746. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, 469.)	365 5 48 57
1752. T. Mayer. (Gotinga, Cii, II, 1752, 383.)	365 5 48 51
1757. La Caille. (Paris, H & M, 1757, 108.)	365 5 48 49
1757. J. J. de Lalande. (Paris, H & M, 1757, 426.). . . .	365 5 48 45,5
1782. J. J. de Lalande. (Paris, H & M, 1782, 227.). . . .	365 5 48 47,95
1784. Von Pacassi. (BaJ, 1788, 179.)	365 5 48 54,7
1802. Laplace. (Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. VJ, n° 22.)	365 5 48 50,83
1804. Von Zach. (Tabulae motuum Solis; 2e édit., 4°, Gothae.)	365 5 48 50,87
1806. Delambre. (Tables du Soleil, 4°, Paris.)	365 5 48 51,61
1806. Piazzi. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. VI, p. 38.)	365 5 48 49,84
1810. Carlini. (Tavole del Sole, dans : EpM, 1811.) . . .	365 5 48 51,394
1813. Burckhardt, en discutant les observations du Soleil de *Maskelyne.* (CdT, 1816, 343.)	365 5 48 49,7

		Durée de l'année tropique.
1817.	J.J. LITTROW. (Cité : *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. V, 1829, p. 665.)	365j 5h 48m 50s,832
1824.	LAPLACE. (Exposition du système du monde, 5e édit., 2 vol. 4°, Paris ; t. I, liv. I, ch. 3.)	365 5 48 49,70
1828.	BESSEL. (ANn, VI, 267.) Pour l'époque 1800. . . . Avec la variation annuelle, — 0s,005 95.	365 5 48 47,809
1853.	HANSEN & OLUFSEN. (Tables du Soleil; 4°, Copenhague.) Pour l'époque 1850 . . . . Avec la variation annuelle, — 0s,005 39.	365 5 48 46,15
1858.	LE VERRIER. (Paris, MOb, IV, 102). Pour l'époque 1800. Avec la variation annuelle, — 0s,005 39.	365 5 48 46,045

Les limites des variations de l'année tropique par rapport à sa valeur moyenne ont été trouvées comme suit :

1834.	F. T. SCHUBERT. (Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; tom. III, p. 515.)	$\mp 3\frac{1}{4}$m
1875.	STOCKWELL. (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XVIII, p. xij.)	$\mp$ 0m 54s,20

D'après ce dernier calculateur, les limites sont, par rapport à la durée actuelle,

— 59s,13 et + 49s,27.

Si l'on appelle p le mouvement annuel du point équinoxial en secondes d'arc, et q celui du périhélie de la Terre,

l'année sidérale surpasse l'année tropique de. . . . . . . 24s,349 p
— anomalistique — — . . . . 24 349 q

§ 193. ELLIPTICITÉ DE L'ORBITE.

La non-uniformité du mouvement du Soleil, non-seulement suivant l'équateur, mais aussi dans l'écliptique, a dû être reconnue fort anciennement. C'était un fait acquis, du temps d'*Hipparque* (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4). On a signalé que les Hindoux étaient familiers avec cette inégalité, au VIIe siècle (Paris, His, II, 1733, 73).

Les deux éléments principaux de la théorie du Soleil étaient donc l'équation du

centre et la longitude de l'apogée, qui se confond, dans nos idées modernes, avec la longitude du périhélie de l'orbite terrestre. De plus, *Albategnius* découvrit (De motu stellarum, [A], cap. 28), dans la seconde partie du IX[e] siècle, que cette longitude va sans cesse en augmentant, ou, en d'autres termes, que le périhélie a un mouvement séculaire, dans le sens direct.

Nous allons donc comprendre, dans le tableau qui suit, la longitude du périhélie, sa variation en 100 années, et la plus grande équation du centre, tels que ces éléments sont tirés immédiatement des observations.

Valeurs attribuées aux éléments elliptiques de l'orbite de la Terre.

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.
—127. HIPPARQUE. (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4.)			
	65°30′	»	2°23′
139. PTOLÉMÉE. (Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 4.)			
	65°30′	»	2°23′
829. IAHIA ebn Aboumansour. (*Caussin,* Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 40.)			
	82°39′	»	1°59′
832. SEND ebn Ali. (*Caussin,* ibid.; p. 40.)			
	82° 1′ 37″	»	1°59′51″
850. MOUSSA ebn Shaker. (*Caussin,* ibid.; p. 134.)			
	83° 0′	»	2° 0′ 50″
851. ABOULCASSEM Ahmed. (*Caussin,* ibid.; p. 136.)			
	84°33′	»	2° 0′ 8″
860 ∓ MOFLIH ebn Ioussef. (*Caussin,* ibid.; p. 136.)			
	84° 5′	»	2° 0′ 20″
860. ALFRAGAN. (Rudimenta astronomica [A]; diff. XIII.)			
	»	1° 0′ 0″	»
883. ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A]; cap. 28.)			
	82°17′	1°38′27″	1°59′

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.
1003. EBN IOUNIS. (*Caussin,* Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216.)	86° 10′	»	2° 0′ 30″
1076. ARZACHEL. (*Regiomontanus,* Epytoma in Almagestum, fol., Venetiis, 1496; lib. III, prop. 13.)	77° 50′	1° 10′ 27″	1° 59′
1231. ABOUL-HHASSAN. (*J. J. Sédillot,* Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1834, p. 133.)	88° 12′	0° 33′ 20″	»
1252. ALPHONSUS. (Cœlestium motuum tabulae, fol., [Norimbergae, 1472]; prop. XII.)	88° 40′	0° 44′ 5″	2° 10′
1278. COCHÉOU-KING, calculé par *La Caille.* (Paris, H & M, 1757, 140.)	90° 10′	»	»
1346. CHRASOCOCCA. (*Bailly,* Traité de l'Astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 156, 155.)	»	1° 25′ 42″	2° 0′ 30″
1437. ULUG-BEG. (*Bailly,* Ibid.)	»	1° 25′ 46″	1° 55′ 53″
1488. WALTHER. (Brahaeus, AiP, 1602, 20, 31, 55, 61. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 14, 19, 36, 55.)	94° 15′	»	2° 1′ 35″
1496. WALTHER. (Calculé par *La Caille,* Paris, H & M, 1749, 51.)	93° 57′ 57″	»	1° 55′ 40″
1515. COPERNIC. (Copernicus, Rev, 1543, libr. III, cap. 16, 17, 22, 19.)	96° 40′	0° 40′ 34″	1° 51′
Corrigé : (Ricciolus, Ara, 1665, I, 32.)	95° 8′	»	2° 3′ 0″
1553. NUÑEZ. (*Nonius,* In theoricas planetarum G. Purbachii annotationes; fol., Conimbricae, 1573.)	91° 28′	»	2° 10′

Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.

1553. REINHOLD. (*Reinholdus*, Prutenicae tabulae, 2ᵉ édit., 4°, Witebergae, 1585; praec. XVII.)

101°52′31″	0°42′35″	1°50′30″

1588. T. BRAHÉ. (Brahaeus, AiP, 1602, 20, 31, 55, 61. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 14, 19, 36, 55.)

95°30′	1°15′ 0″	2° 3′15″

1588. KÉPLER, en recalculant les observations de *T. Brahe.* (*Keplerus,* Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; cap. 25. — Reproduit : Keplerus, Opa, III, 1860, 277.)

95°32′	»	»

1588. KÉPLER. (Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; p. 42.)

»	1°43′20″	2° 3′46″

1588. MAGINI, par les observations de *T. Brahe.* (*Maginus,* Supplementum ephemeridum ac tabularum secundorum mobilium; 4°, Venetiis, 1614.)

95°30′45″	1°15′ 0″	2° 3′15″

1588. BYRGE. (Cité par *Snellius,* Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae; 4°, Lugduni Batavorum, 1618.)

95°53′20″	»	2° 33′0″

1590. LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, 4°, Amsterodami, 1622; theoric., lib. I, cap. 2,5.)

95°30′	1°42′24″	2° 2′48″

1588. BOULLIAU, en recalculant les observations de *T. Brahe.* (Bullialdus, Aph, 1645, lib. II, cap. 2.)

95°23′29″	1°35′ 0″	2° 2′41″

1599. LANSBERG. (*Lansbergius*, Tabulae motuum cœlestium, 4°, Middelburgi, 1632; can. XII.)

96°22′56″	1°52′31″	2°12′30″

1600. CHRISTMANN. (*Christmannus*, Observationum solarium libri tres; 4°, Basileae, 1601.)

»	»	2° 2′48″

Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.

1600. Wendelin. (*Wendelinus,* Luminarcani, 4°, Antuerpiae, 1644; tabulae atlanticae idea.)

95° 42′ 0″	1° 43′ 34″	2° 0′ 0″

1607. A. Metius. (Institutiones astronomicae; 8°, Franekerae, 1608.)

95° 40′	»	»

1645. Rheita. (*Schyrlaeus de Rheita,* Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; part. i, lib, iij, cap, 1,2.)

96° 29′	1° 55′ 0″	2° 5′ 30″

1650. Streete. (Astronomia carolina; 4°, London, 1661.)

»	»	1° 59′

1650. Mut. (Observationes motuum coelestium; 4°, Majoricis, 1666.)

»	1° 41′ 40″	2° 10′ 0″

1655. Riccioli. (Ricciolus, Ara, 1665, I, 52.)

98° 36′ 0″	1° 43′ 27″	1° 59′ 30″

1684. La Hire. (Calculé par *La Caille,* Paris, H & M, 1750, 11.)

97° 28′ 0″	»	1° 55′ 51″

1690. Flamsteed. (*Flamsteedius,* Historia cœlestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; vol. iii, proleg., p. 139.)

97° 35′ 0″	1° 45′ 0″	1° 56′ 0″

1690. L. Euler. (Petropolis, Cii, VII, 1740, 96.)

96° 56′ 44″	»	1° 55′ 7″

1700. La Hire. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Parisiis; part. I, 1687.)

98° 7′ 30″	1° 42′ 30″	1° 55′ 42″

1700. De Louville. (Paris, H & M, 1720, 35.)

97° 56′ 40″	1° 25′ 43″	»

1700. Halley. (*Halleius,* Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1740.)

»	1° 41′ 7″	1° 56′ 20″

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.
1738. J. Cassini. (Cassini, Elm, 1740, 197, 192.)			
	98°19′ 8″	1°42′55″	1°55′34″
1746. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, ch. x, avec correction, p. 660.)			
	98°31′43″	1°45′ 0″	1°55′30″
1750. La Caille, par ses observations. (Paris, H & M, 1757, 108.)			
	98°38′ 4″	1°49′55″	1°55′31″,5
1750. T. Mayer. (Tabulae motuum Solis et Lunae, 4°, Londini, 1770.)			
	98°37′34″	1°50′ 0″	1°56′31″,6
1750. Von Pacassi. (BaJ, 1788, 199.)			
	98°35′ 6″	1°46′ 4″,2	1°55′40″,9
1780. Delambre, par la discussion des observations de Greenwich de *Maskelyne*. (Berlin, Mem₁, 1785, 191; 1786, 254.)			
	99° 8′20″	1°43′20″	1°55′30″
1788. Triesnecker. (EpV, 1793, 437, 438, 430.)			
	99°17′32″	1°43′20″	1°55′30″,6
1800. Von Zach. (Tabulae motuum Solis, 4°, Gothae, 1792, avec Supplementum, 1804.)			
	99°28′20″	1°43′20″	1°55′28″
1800. Delambre. (Tables du Soleil; 4°, Paris, 1806.)			
	99°30′ 5″	1°43′35″	1°54′43″,5
1800. Bessel, par 14 années d'observations de Königsberg. (ANn, VI, 1828, 266.)			
	99°30′ 8″,39	1°42′31″,7	1°55′27″,6
1801. Burckhardt, par une nouvelle discussion des observations du Soleil. (CdT, 1816, 341.)			
	99°30′ 2″,3	»	1°54′42″,1
1805. Piazzi. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. vi, 1806, p. 52, 53, 50.)			
	99°34′31″,5	1°43′40″	1°55′25″,18

	Longitude du périhélie.	Mouvement du périhélie en 100 ans (juliens).	Plus grande équation du centre.
1816. Airy, par les observations de Greenwich de 1816 à 1826. (London, PTr, 1828, 28.)			
	99° 46′ 20″,3	»	1° 54′ 39″,9
1850. Hansen & Olufsen. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague, 1854; p. 1. — Mouvement du périhélie d'après *Olufsen*, Tables de la Lune, 4°, Londres, 1857; p. 16.)			
	100° 21′ 41″,02	1° 42′ 38″,48	1° 55′ 19″,22
1850. Le Verrier, par les observations de Greenwich, de Paris et de Königsberg. (Paris, MOb, IV, 1858, 102, 105.)			
	100° 21′ 21″,5	1° 42′ 49″,95	1° 55′ 18″,78
1850. Powalky, par les observations du Soleil à Dorpat de 1823 à 1839. (ANn, LXXXVIII, 1876, 265.)			
	100° 21′ 30″,1	»	»

§ 194. THÉORIE ET TABLES.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, les mouvements de la Terre n'ont été considérés, dans les tables, qu'au point de vue purement elliptique. Les perturbations de cette planète avaient cependant été calculées dans un certain nombre de mémoires, parmi lesquels nous citerons :

2181. Clairaut, A. C. Mémoire sur l'orbite apparente du Soleil autour de la Terre, en ayant égard aux perturbations produites par les actions de la Lune et des planètes principales. Paris, H & M, 1754, 521.

2182. Alembert, J. L. d'. Inégalités du mouvement de la Terre.

Dans ses Recherches sur différents points importants du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. II, 1754 et t. III, 1756.

2183. Euler, L. De perturbatione motus Terrae ab actione Veneris oriunda. Petropolis, NCi, XVI, 1772, 426. — Comparez : Petropolis, Act, 1778, 308 et 1779, II, 359.

2184. **Euler, L.** Réflexions sur les inégalités dans le mouvement de la Terre causées par l'action de Vénus, avec une table des corrections du lieu de la Terre. **Petropolis, Act, 1778, 297.**

2185. **Lagrange, J. L. de.** Calcul des variations indépendantes des excentricités et des inclinaisons pour chacune des six planètes principales. **Berlin, Mem_1, 1784, 187.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, V, 1870, 417.**

2186. **Lalande, J. J. de.** .... Sur la valeur des équations du Soleil produites par Vénus et par la Lune. **Paris, H & M, 1786, 398.**

2187. **Schubert, F. T.** Sekular-Gleichungen der Erde; periodische Gleichungen der Erde.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg, 1798; vol. III, p. 210, 217.

2188. **Laplace, P. S. de.** Théorie du mouvement de la Terre. **Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 10.**

2189. **Nicolai, F. B. G.** Neue Berechnung der secular Aenderungen der Elemente der Erdbahn. **BaJ, 1820, 224.**

2190. **Schubert, F. T.** Inégalités séculaires de la Terre; inégalités périodiques de la Terre.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg, 1834; vol. III, p. 384, 391.

2191. **Pontécoulant, G. de.** Théorie de la Terre.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 417.

2192. **Le Verrier, U. J.** Théorie du mouvement apparent du Soleil. **Paris, MOb, IV, 1858, 1, [3], [25], [91].**

2193. **Lehmann, W.** Säcularstörungen der Erde. **ANn, LX, 1863, 293.**

Parmi les inégalités qui affectent le mouvement de la Terre, il y en a une d'une grande importance, parce qu'elle permet d'évaluer la parallaxe du Soleil. Elle a reçu le nom d'équation lunaire, et a été signalée pour la première fois par *La Caille* (Paris, H & M, 1750, 172). Voici le coefficient de cette inégalité, d'après différents astronomes.

Valeurs attribuées à l'équation lunaire de la longitude de la Terre.

1752. T. Mayer, par la discussion des observations. (Gotinga, Cii, II, 383.) . 8",0

1754. Clairaut, en comparant les observations aux tables du Soleil de *La Caille*. (Paris, H & M, 1754, 521.). 8,7

1757. D'Alembert, par la théorie. (Paris, H & M, 1757, 137.) 7,8

1770. Maskelyne, en comparant les observations du Soleil aux tables de *Mayer*. (*Mayer*, Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini.) . 7,1

1802. Laplace, par la théorie. (Laplace, TMc, III, liv. vi, ch. xj, n° 21.) . . 8,33

1806. Delambre, par la discussion des observations. (*Delambre*, Tables du Soleil; 4°, Paris.) 7,5

1813. Burckhardt, par près de 4,000 observations du Soleil, de Greenwich, de 1774 à 1810. (CdT, 1816, 341.) 6,8

1818. Laplace, par la théorie. (Paris, Mem_2, III, 489.) 7,56

1828. Bessel, par 14 années d'observations du Soleil à Königsberg. (ANn, VI, 265.) 6,0

1828. Airy, par les observations de Greenwich de 1816 à 1826. (London, PTr, 1828, 30.). 6,46

1858. Le Verrier, en discutant les observations du Soleil, de Greenwich, de 1816 à 1850, celles de Paris de 1804 à 1815, et celles de Königsberg de 1814 à 1830. (Paris, MOb, IV, 109.) 6,50

1867. Newcomb, par les observations du Soleil, de Greenwich, de 1851 à 1864, et celles de Washington de 1861 à 1865. (Washington, Obs_2, 1865; app. ii, p. 25, 26.) 6,548

Voici maintenant l'indication des tables spéciales des mouvements de la Terre, ou, si l'on préfère, des mouvements apparents du Soleil. Dans les dernières tables générales mentionnées au § 156, ce qui concerne ces mouvements était déjà, dans les deux éditions de *Lalande,* l'œuvre de spécialistes : dans l'édition de 1771, les tables du Soleil étaient celles de *La Caille,* et dans l'édition de 1792, elles avaient été préparées par *Delambre,* qui plus tard les a revues, et en a fait l'objet d'un travail séparé.

Nous croyons utile de montrer, par la liste ci-dessous, combien les tables du Soleil ont été souvent reprises et retravaillées.

2194. **Flamsteed, J.** Solar tables.

Dans *Hodgson, J.* A system of the mathematics, 2 vol. 4°, London, 1723; dans le vol. II.

2195. **Euler, L.** Tabulae astronomicae motuum Solis.

Dans ses Opuscula varii argumenti, 3 vol. 4°, Berolini; vol. I, 1746.

2196. **Mayer, T.** Novae Tabulae motuum Solis et Lunae. **Gotinga, Cii, II, 1752, 383.** — Nouvelle édition revue par *Maskelyne,* avec titre en latin et en anglais [New and correct tables of the Sun and Moon]; 4°, London, 1770.

Les tables du Soleil de *T. Mayer* sont reproduites, en outre : d'après la 1re édition, dans *B. Martin,* Institutions of astronomical calculations, 2 part. 8°, London, part. I, 1765; et d'après la 2e édition, adaptées au méridien de Berlin, par *Bode*, dans la Sammlung astronomischer Tafeln, publiée par l'Académie de Berlin, 3 vol. 8°, Berlin, vol. I, 1776, p. 226.

2197. **La Caille, N. L. de.** Tabulae solares e novissimis observationibus deductae; 4°, Parisis, 1758.

Ces tables, qui étaient les plus soignées que l'on connût, pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle, ont été souvent reproduites, notamment dans les ouvrages suivants :

Lalande, J. J. de. Exposition du calcul astronomique ; 8°, Paris, 1762.

EpV, 1764, 3.

Rochon, A. M. de. Opuscules mathématiques, 8°, Paris, 1768; à la fin.

Lalande, Ast_2, I, 1771.

Euler, L. Novae tabulae lunares, 8°, Petropoli, 1772; à la fin.

2198. **Triesnecker, F. v. P.** Tabulae solares ex observationibus deductae. **EpV, 1793, 401.**

La date d'impression de ce volume est 1792.

2199. **Zach, F. X. de.** Tabulae motuum Solis novae et correctae ex theoria gravitatis de *Laplace* et ex observationibus recentissimis in Specula astronomica Ernestina habitis erutae; 4°, Gothae, 1792.

2200. **Zach, F. X. de.** Tabulae motuum Solis novae et iterum correctae; 4°, Gothae, 1804.

L'auteur donne ces tables comme un supplément à celles de 1792. Il y en a un abrégé, partant du méridien de Paris, dans **MCz, XIX, 1809, 25.** Cet abrégé a été publié séparément, dans une édition en français :

2201. **Zach, F. X. de.** Tables abrégées et portatives du Soleil; 8°, Florence, 1809.

2202. **Zach, F. X. von.** Tafeln der mitlern geraden Aufsteigungen der Sonne in Zeit zur Verwandlung der Sternzeit; 4°, Gothae, 1804.

2203. **Delambre, J. B. J.** Tables du Soleil; 4°, Paris, 1806.

Dans les Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes.

2204. **Carlini, F.** Tavole del Sole pel meridiano di Milano. **EfM, 1811, 3.**

La forme de ces tables est fort simple; mais les éléments d'après lesquels elles sont calculées n'ont rien d'original; ce sont ceux de *Delambre.*

2205. **Carlini, F.** Nuove tavole dei moti apparenti del Sole pel meridiano di Milano. **Efm, 1833, 3.**

La forme est la même que celle des tables du volume de 1811 ; mais ici les éléments qui ont servi de base sont ceux de *Bessel.*

2206. **Largeteau, C. L.** Tables abrégées pour le calcul des équinoxes et des solstices. **Paris, Mem$_2$, XXII, 1850, 477.** — Aussi : **CdT, 1847, 168.**

2207. **Hansen, P. A. & Olufsen, C. F. R.** Tables du Soleil; 4°, Copenhague, 1853. + Supplément par *Hansen, P. A.*; 4°, Copenhague, 1857.

Hartwig a donné dans **ANn, LI, 1859, 59,** un errata de ces tables. Il faut ajouter + 1″ aux longitudes de *Hansen & Olufsen,* pour rendre leurs tables comparables à celles de *Le Verrier.*

2208. **Le Verrier, U. J.** Tables générales du mouvement du Soleil. **Paris, MOb, IV, 1858, 102.**

2209. **Encke, J. F.** .... Abgekürzten Sonnen-Tafeln, welche mit dem Argumente der Sonnen-Länge die julianischen Daten angeben. **BaJ, 1866, 339.**

Ces tables s'appliquent aux temps passés jusqu'en — 2 200.

2210. **Sturmer, C. M.** Sonnentafeln nach Le Verrier's Elementen der Sonnenbahn berechnet; 4°, Würzburg, 1875.

On trouvera des notices historiques sur les tables du Soleil, dans les articles ci-dessous :

2211. **Bode, J. E.** Kurze litterarische Geschichte der Tafeln vom Sonnenlauf. **BaJ, 1795, 233.**

2212. **[Lindenau, B. von].** Geschichtliche Uebersicht der allmählichen Ausbildung der Sonnentafeln. **MCz, XII, 1805, 76.**

Nous terminerons ce paragraphe, en rapportant les éléments de l'orbite terrestre qui, depuis le commencement de notre siècle, ont été accueillis avec le plus de faveur.

La lettre t représente toujours le temps, en années juliennes de $365\frac{1}{4}$ j.

1806. DELAMBRE (Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France, 4°, Paris, 1806; Explication et usage des Tables du Soleil).

Époque 1800, minuit commençant le 1er janv., t. m. Paris.

Longitude moyenne	$100°23'32'',6 + 1\ 296\ 027,45\,t$,
Longitude du périhélie	$99\ 29\ 0,0 + 61,91\,t$,
Plus grande équation du centre .	$1\ 55\ 26,8 - 0'',1718\,t - 0'',000\ 006\ 82\,t^2$.

1828. BESSEL (**ANn, VI, 266, 267**).

Époque 1800, janv. 0j,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne	$99°54'\ 1'',36 + 1\ 296\ 027'',605\ 8\,t + 0'',000\ 122\ 18\,t^2$,
Longitude du périhélie.	$98\ 30\ 8,39 + 61,517\ 1\,t + 0,000\ 203\ 80\,t^2$,
Plus grande équation du centre .	$1\ 55\ 25,78 - 0,179\ 84\,t - 0,000\ 008\ 66\,t^2$,

1853. HANSEN & OLUFSEN (Tables du Soleil, 4°, Copenhague. — Pour le mouvement du périgée : *Hansen,* Tables de la Lune, 4°, Copenhague, 1857; p. 16).

Époque 1850, janv. 0j,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne.	99°47′ 54″,69 +	1 296 027″,702 3 t +	0″,000 110 05 t^2,
Longitude du périhélie	100 21 41″,02 +	61,595 9 t +	0,000 166 9 t^2,
Plus grande équation du centre.	1 55 19,22 —	0,170 8 t —	0,000 006 15 t^2,

1858. LE VERRIER (Paris, MOb, IV, 102).

Époque 1850, janv. 1j,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne	100°46′ 43″,51 +	1 296 027″,678 4 t +	0″,000 110 73 t^2,
Longitude du périhélie	100 21 21.5 +	61,699 5 t +	0,000 182 3 t^2,
Plus grande équation du centre.	1 55 18,77 —	0,175 10 t —	0,000 005 64 t^2.

§ 195. DIMENSIONS.

Anaximandre passe pour avoir été l'auteur, vers l'an — 580, de la première sphère géographique (*Strabon,* Res geographicae [G], lib. I, p. 13 de l'édit. Casaubon; *Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 9, et lib. VII, cap. 56; *Diogenes Laertius,* Vitae... clarorum philosophorum [G], lib. II, cap. 1; *Agathêmeros,* Hypotyposes geographicae [G], lib. I, cap. 1).

Voici les valeurs attribuées à la circonférence du globe, d'après les principales mesures, prises dans la supposition de la Terre sphérique :

		Stades.
— 340 ∓	ARISTOTE, par la distance nautique itinéraire entre Chypre et l'Égypte. (*Aristoteles,* De cœlo; lib. II, cap. 14.) . . .	400 000
— 250 ∓	ARCHIMÈDE, sans indication. (*Archimedes,* De numero arenae, cap. 2)	300 000
— 175 ∓	ERATOSTHÈNE, par la distance itinéraire entre Syène et Alexandrie. (*Cleomedes,* Cyclica theoria meteoron; lib. I, cap. 10. — *Strabon,* Res geographicae, lib. II. — *Plinius,* Historia naturalis, lib. II, cap. 108.) . . . . : . . .	250 000
— 20 ∓	POSIDONIUS, par le trajet nautique entre Rhodes et Alexandrie. (*Cleomedes,* Cyclica theoria meteoron, lib. I, cap. 10. — *Plinius,* Historia naturalis, lib. V, cap. 31.)	240 000
+ 160 ∓	PTOLÉMÉE, sans indication de lieu. (*Ptolemaeus,* Geographia; lib. VII, cap. 5.).	180 000

833. Les trois frères Mohamed, Ahmed et Al-Hâçan Ben Schaker, d'après une mesure à la chaîne, par l'ordre de Mamoûn, dans le désert de Sandgiar, entre Racca et Palmyre, avec répétition de la mesure près de la ville de Kufa. (*Abul feda,* Annales muslemici latine a Reiskio, 5 vol. 4°, Copenhague, 1789-1794; t. II, p. 241. — Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque du Roi, 4°, Paris; t. I, 1787, p. 49.) . . . . Milles arabes. 20 400

1528. Fernel, par une mesure à la roue entre Amiens et Paris. (*Fernel,* Cosmotheoria; fol., Paris.) . . . . Toises. 20 545 200

1550. Fernel, en renouvelant cette mesure. (Montucla, HdM, II, 1799, 316.) 20 428 560

1617. Snellius, par une triangulation entre Alkmaer et Bergen-op-Zoom. (*Snellius,* Eratosthenes batavus, 4°, Lugduni Batavorum; lib. II.) 19 807 200

1620. Snellius, en poussant la triangulation précédente jusqu'à Malines. (*Musschenbroek,* Dissertationes physicae, 4°, Lugduni Batavorum, 1729; diss. IV.) 20 531 880

1636. Norwood, entre York et Londres. (*Norwood,* The seaman's practice; 4°, London.) 20 672 640

1670. Picard, par une triangulation entre Amiens et Paris. (*Picard,* Mesure de la terre; fol., Paris, 1671.) 20 541 600

1672. Riccioli, par l'inclinaison mutuelle de deux verticales, visibles l'une de l'autre, et dont la distance était mesurée. (*Riccioli,* Geographia et hydrographia reformatae, fol., Venetiis, 1672; p. 169. — *J. Cassini,* dans Paris, H & M, 1718, 247.) 22 554 000

Pour l'interprétation des mesures des Grecs, on consultera :

Riccioli, Geographia et hydrographia reformatae, fol., Venetiis, 1672; p. 132.

Fréret, dans Paris, Ins, VIII, 1733, 97; XXIV, 1756, 507.

D'Anville, dans Paris, Ins, XXVI, 1759, 92.

Bailly, Histoire de l'Astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; édit. 1785, t. I, p. 145.

Vincent, dans Paris, Crh, XXXVI, 1853, 319. — Cet érudit fait le stade d'Eratosthène de 158^{m},25.

Quant à la mesure des Arabes, elle a été discutée par

Picard, Mesure de la Terre, fol., Paris, 1671; art. III.

Riccioli, Astronomia et hydrographia reformatae, fol., Venetiis, 1672; p. 43.

Bailly, Histoire de l'astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; édit. 1785, t. II, p. 582.

Les mesures modernes d'arcs du méridien ou du parallèle, ainsi que les mesures du pendule, appartiennent au domaine de la géodésie. C'est par conséquent aux géodésistes à en former le tableau.

§ 196. APLATISSEMENT.

Ce fut *Picard* (Mesure de la Terre, fol., Paris, 1671; art. VI) qui soupçonna le premier que la figure sphérique n'est, pour la Terre, qu'une première approximation. On eut une idée de l'aplatissement du globe sous les pôles de rotation, avant d'avoir étudié rigoureusement la figure des méridiens ou des parallèles.

L'aplatissement ne fut cependant admis qu'après une assez longue hésitation. *J. Cassini*, ayant trouvé les degrés du méridien plus longs dans le sud de la France que dans le nord, en conclut d'abord que le sphéroïde est aplati (Paris, H & M, 1701, 96). Mais il s'aperçut plus tard du vice de cette conclusion, et inféra de ce fait d'observation que le sphéroïde est allongé aux pôles (Paris, H & M, 1713, 192).

En réalité, des mesures aussi délicates, prises sur des arcs aussi rapprochés entre eux, ne permettaient pas de résoudre la question. C'est seulement après les expéditions envoyées au loin sous les auspices de l'Académie des sciences de Paris, que la discussion put porter sur des bases solides. Après l'examen scrupuleux auquel se livra cette Académie, en 1742, *Mairan*, alors secrétaire, résume la discussion par l'admission magistrale que « la Terre est aplatie » (Paris, H & M, 1742, his, 86), et termine par ces mots, « l'Académie a clos la discussion » (ibid., p. 104).

La question, en effet, était définitivement tranchée. Nous parlerons, dans le paragraphe suivant, de la détermination des éléments de l'ellipsoïde terrestre, d'après la figure d'une ou de plusieurs de ses sections. Avant d'employer cette méthode essentiellement géodésique, on a longtemps et souvent cherché, par différentes voies, la valeur de l'aplatissement du sphéroïde. Il n'est peut-être pas sans intérêt de rassembler ci-dessous ces déterminations, dans lesquelles l'hypothèse sur la figure géométrique de la Terre ne joue qu'un rôle secondaire.

Valeurs attribuées à l'aplatissement du sphéroïde terrestre.

1687. NEWTON, par la théorie de l'attraction, en supposant le sphéroïde homogène. (**Newtonus, PPm, lib. III, prop. 19.**) . . . . . . $\frac{1}{230}$

1690. HUYGENS, en considérant la pesanteur et la force centrifuge dans les deux branches d'un siphon, l'une dirigée au pôle, l'autre à l'équateur. (Discours sur la cause de la pesanteur; 4°, Leyde. — Reproduit : *Hugenius,* Opera reliqua, 2 vol. 4°, Amstelodami, 1728; voir t. I, p. 119.). . . . . $\frac{1}{578}$

1738. MAUPERTUIS, en comparant le degré de Laponie à celui de France. (Figure de la Terre; 8°, Paris) . . . . $\frac{1}{178}$

1748. JUAN & ULLOA, en discutant les observations du pendule. (Observaciones astronomicas y phisicas ; 4°, Madrid, p. 334.). . . . . $\frac{1}{265}$

1749. D'ALEMBERT, par la précession des équinoxes. (Recherches sur la précession des équinoxes ; 4°, Paris, ch. IX.) . . . . $\frac{1}{324}$

1751. LA CONDAMINE, par les degrés du Pérou et de France. (Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral, 8°, Paris; p. 259.) . . . . $\frac{1}{303,6}$

Par ceux de France et de Laponie. (Ibid., p. 260.). . . . . $\frac{1}{210}$

1755. BOSCOVICH, en combinant différentes mesures géodésiques. (De litteraria expeditione per Pontificiam ditionem, 4°, Romae; p. 503.) . $\frac{1}{195}$

1785. LALANDE, par les arcs méridiens. (**Paris, H & M, 1785, 1.**). . . . $\frac{1}{300}$

1789. LEGENDRE, par les degrés du Pérou et de France. (**Paris, H & M, 1789, 422.**) . . . . $\frac{1}{305}$

1789. DU SÉJOUR, en discutant divers arcs méridiens. (**Duséjour, TaM, II, 86.**). . . . . $\frac{1}{307}$

1789. TRIESNECKER, par 16 éclipses du Soleil, de 1706 à 1788, employées à déterminer la parallaxe horizontale de la Lune pour différents lieux du globe. (**EpV, 1791, 387.**) . . . . , ... $\frac{1}{329}$

1799. COMMISSION DES POIDS ET MESURES, par le degré du Pérou comparé au nouvel arc de France. (**Paris, Mem₁, II.**) . . . . $\frac{1}{334}$

1799. LAPLACE, par 15 mesures du pendule. (**Laplace, TMc, II, liv. III, ch. 5, n° 45.**) . . . . $\frac{1}{335,78}$

1802. BÜRG, par les perturbations lunaires dues au défaut de sphéricité de la Terre. (**Laplace, TMc, III, liv. VII, ch. 4, n° 21.**). . . . . . $\frac{1}{305,05}$

1805. Svanberg, en comparant le nouvel arc de Laponie à celui de France. (Exposition des observations faites en Laponie; 8°, Stockholm.) . . . . $\frac{1}{307}$

En le comparant à l'arc du Pérou. (Ibid.) . . . . $\frac{1}{324}$

1806. Von Lindenau, en combinant des mesures géodésiques. (MCz, XIV, 113.) . . . . $\frac{1}{304}$

1808. Lambton, en comparant l'arc méridien de l'Inde à l'arc perpendiculaire. (Calcutta, AsR, VIII, n° 5.) . . . . $\frac{1}{205,67}$

1810. Puissant, par la comparaison du grand arc français avec celui du Pérou recalculé par Delambre. (*Méchain & Delambre*, Base du système métrique décimal, 3 vol. 4°, Paris; tom. III, p. 112.). . $\frac{1}{309,65}$

1811. Mathieu, par le pendule observé le long de l'arc de France. (CdT, 1813, 330) . . . . $\frac{1}{298,2}$

1811. J. B. Biot, par les observations du pendule le long de la méridienne de France. (Traité d'astronomie physique, 2e édit., 3 vol. 8°, Paris; t. III, p. 169.). . . . . $\frac{1}{297,7}$

1812. Rodriguez, par les principales mesures géodésiques. (London, PTr, 1812, 321.) . . . . $\frac{1}{312,5}$

1813. Lambton, en comparant l'arc de l'Inde aux arcs d'Europe. (London, PTr, 1813, 27.) . . . . $\frac{1}{310,31}$

1818. Von Lindenau, par les mesures du pendule. (Cas, I, 125.). . . . . $\frac{1}{315,269}$

1819. Von Lindenau, par les inégalités lunaires. (BaJ, 1820, 212.) . . . $\frac{1}{315,82}$

1819. Kater, par les mesures récentes du pendule. (London, PTr, 1819, 416.) . . . . $\frac{1}{319,82}$

1821. Kater, par les arcs de l'Inde comparés aux meilleurs arcs d'Europe. (London, PTr, 1821, 94.) . . . . $\frac{1}{307,35}$

1822. Goldingham, par le pendule à Madras comparé à celui de Londres. (London, PTr, 1822, 167.) . . . . $\frac{1}{297,56}$

1823. B. Hall et Foster, par les observations du pendule en Amérique et en Angleterre. (London, PTr, 1823, 211.) . . . . $\frac{1}{299}$

1823. Brisbane, par la longueur du pendule simple à Paramatta et en Angleterre. (London, PTr, 1823, 308.) . . . . $\frac{1}{298}$

1825. Laplace, d'après les inégalités lunaires, tirées par Bouvard, Bürg et Burckhardt de plusieurs milliers d'observations de la Lune de Greenwich. (Laplace, TMc, V, liv. xi, ch. j, n° 1.) . . . . . $\frac{}{306}$

1825. SABINE, en comparant les observations du pendule dans les régions polaires à celles faites en Angleterre. (An account of experiments on the figure of the Earth; 4°, London.) . . . . $\frac{1}{314}$

1825. PLANA et CARLINI, par l'arc du parallèle moyen comparé à la méridienne de France. (CdT, 1827, 230.) . . . . $\frac{1}{292}$

1826. PUISSANT, par la comparaison du parallèle moyen de France avec l'arc de l'Inde. (CdT, 1829, 229.) . . . . $\frac{1}{291}$

1826. BÜRG, par l'équation de la longitude de la Lune qui dépend de l'ellipticité de la Terre. (ANn, IV, 15.). . . . . $\frac{1}{295}$

1826. FOSTER, par ses observations du pendule. (London, PTr, 1826, part. IV, p. 1). . . . . $\frac{1}{289,48}$

1826. FREYCINET, par ses observations du pendule pendant son voyage de circumnavigation. (Voyage autour du monde sur les corvettes l'Uranie et la Physicienne, 2 vol. fol., Paris; t. I, observations du pendule.) . . . . $\frac{1}{276,6}$

Par les seules observations de l'hémisphère austral. (Ibid.). . $\frac{1}{286,2}$

1827. DUPERREY, par ses observations du pendule et celles de Freycinet réunies. (CdT, 1830,83.) . . . . $\frac{1}{268}$

1827. MUNCKE, en combinant des arcs du méridien. (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. III, p. 872.). . . . . $\frac{1}{307,7}$

1829. E. SCHMIDT, par les mesures du pendule. (Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie, 2 vol. 8°, Göttingen; vol. I.) . $\frac{1}{288,4}$

1830. POSELGER, en comparant l'arc de l'Inde à celui de Laponie. (Berlin, Abh, 1827, Math, 57.) . . . . $\frac{1}{303}$

1831. LÜTKE, par les observations du pendule de l'expédition russe. (Saint-Pétersbourg, MSm_1, I, Bul, xj.) . . . . $\frac{1}{267,8}$

1834. BAILY, en discutant 79 mesures du pendule. (London, MAS, VII, 102.) . . . . $\frac{1}{285,26}$

1841. BORDEN, par le méridien et le parallèle du Massachusetts. (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series, 4°, Philadelphia; vol. IX, p. 87.) . . . . $\frac{1}{545}$

1843. BORENIUS, en cherchant à représenter les mesures du pendule par une formule empirique. (Saint-Pétersbourg, Bul_1, I, 1.) . . . . $\frac{1}{293,4}$

1847. GUIOT, en réduisant de nouveau et discutant 18 mesures choisies du pendule. (Paris, Crh, XXV, 197.) . . . . $\frac{1}{285}$

1849. Airy, par les mesures du pendule. (Figure of the earth, § 35; dans l'Encyclopaedia metropolitana, 4°, London.) . . . . $\frac{1}{232,9}$

1862. Baeyer, par la triangulation de la Prusse. (ANn, LVII, 348.). . . $\frac{1}{298,9}$

1876. A. Fischer, par les observations du pendule. (ANn, LXXXVIII, 87.) . $\frac{1}{284,4}$

§ 197. ÉLÉMENTS DE L'ELLIPSOÏDE.

Le premier essai d'ellipse a été fait par *J. Cassini* qui, en comparant les différents arcs méridiens, mesurés en Europe, trouvait une ellipse allongée aux pôles. Les deux demi-axes, a [dans l'équateur], b [selon le pôle], auraient été d'après ses calculs (Paris, H & M, 1718, 255) :

$a = 3\ 255\ 398$ Toises
$b = 3\ 289\ 684$ —

Lorsqu'on a disposé de données plus exactes, on a trouvé, au contraire, des ellipses aplaties. Voici les principaux résultats obtenus dans l'hypothèse que le globe terrestre est un ellipsoïde de révolution. Nous désignons toujours par a le demi-axe de l'équateur, par b celui du pôle, et nous nommons p l'aplatissement. La lettre T désigne les toises, F les feet ou pieds anglais, M les mètres.

1749. Bouguer, par les degrés du Pérou, de France et de Laponie. (Figure de la Terre, 4°, Paris; p. 303.)

$a = 3\ 281\ 013$ T. $\quad b = 3\ 262\ 688$ T. $\quad p = \frac{1}{179}$.

1785. G. S. Klügel, par les sept meilleures mesures de degrés. (BaJ, 1788, 215.)

$a = 3\ 279\ 991$ T. $\quad b = 3\ 262\ 447$ T. $\quad p = \frac{1}{187}$.

1800. Lalande. (MCz, II, 82 et BaJ, 1803, 238.)

$a = 3\ 271\ 408$ T. $\quad b = 3\ 261\ 672$ T. $\quad p = \frac{1}{336,0}$.

1810. Méchain & Delambre. (Base du système métrique décimal, 3 vol. 4°, Paris; t. III, p. 196.)

$a = 6\ 374\ 738,66$ M. $\quad b = 6\ 356\ 649,63$ M. $\quad p = \frac{1}{334}$.

1819. Walbeck. (De forma et magnitudine Telluris; 4°, Aboae.)

$a = 3\ 271\ 819,3$ T. $\quad b = 3\ 261\ 012,8$ T. $\quad p = \frac{1}{302,78}$.

1819. Puissant. (Traité de géodésie, 2e édit., 2 vol. 4°, Paris; t. I.)

$a = 6\ 377\ 109$ M. $\quad b = 6\ 356\ 199$ M. $\quad p = \frac{1}{305}$.

1849. Airy. (Figure of the earth, p. 214, dans l'Encyclopaedia metropolitana; 4°, London.)

$a = 20\ 923\ 173$ F. $\quad b = 20\ 853\ 810$ F. $\quad p = \frac{1}{299,33}$.

1833. E. Schmidt, en tenant compte des mesures de l'Inde. (London, MAS, VI, 139.)

$a = 3\ 271\ 852,32$ T. $\quad b = 3\ 260\ 853,70$ T. $\quad p = \frac{1}{297,479}$.

1842. Bessel, après la correction apportée au calcul de la distance de Barcelone à Formentera. (ANn, XIX, 216.)

$a = 3\ 272\ 077,14$ T. $\quad b = 3\ 261\ 139,33$ T. $\quad p = \frac{1}{299,1528}$.

1844. J. B. Biot. (Traité élémentaire d'astronomie physique, 3e édit., 5 vol. 8°, Paris; t. III, p. 221 et t. V, p. 469.)

$a = 6\ 376\ 988,13$ M. $\quad b = 6\ 356\ 651,86$ M. $\quad p = \frac{1}{313,77}$.

1848. P. Fischer. (Untersuchungen über die Gestalt der Erde; 4°, Darmstadt.)

$a = 6\ 378\ 339$ M. $\quad b = 6\ 356\ 128$ M. $\quad p = \frac{1}{288,5}$.

1856. Clarke, avec l'adjonction de l'arc russe. (*James,* Account of the principal triangulation of Great Britain and Ireland, 4°, London; p. 772.)

$a = 20\ 926\ 348$ F. $\quad b = 20\ 855\ 233$ F. $\quad p = \frac{1}{293,76}$.

1861. T. F. Schubert. (ANn, LV, 111.)

$a = 3\ 272\ 667,1$ T. $\quad b = 3\ 261\ 104.3$ T. $\quad p = \frac{1}{283,032}$.

1873. Listing. (Nachrichten von der Gesellschaft zu Göttingen, 16°, Göttingen; année 1873, p. 33.)

$a = 6\ 377\ 377$ M. $\quad b = 6\ 355\ 270$ M. $\quad p = \frac{1}{288,48}$.

1876. Fergola. (Napoli, Att_2, VII, 1878, n° 7.)

$a = 3\ 272\ 373,6$ T. $\quad b = 3\ 261\ 492,2$ T. $\quad p = \frac{1}{295,321}$.

1878. Clarke, en comprenant dans ses calculs le prolongement méridional de l'arc de l'Inde. (PMg_5, VI, 86.)

$$a = 20\ 926\ 202 \text{ F.} \qquad b = 20\ 854\ 895 \text{ F.} \qquad p = \frac{1}{293,465}.$$

Fergola (loc. cit.) ne fait pas coïncider l'axe $2b$ avec l'axe de rotation de la Terre. Cet axe $2b$ viendrait percer la surface du globe à $5\frac{1}{2}'$ du pôle et sous la longitude 326° W. Greenwich. C'est une idée que *Klügel* avait déjà émise dès 1776 (*J_3. Bernoulli,* Recueil pour les astronomes, 3 vol. 8°, Berlin; vol. III, p. 164).

Frisi avait du reste constaté (Cosmographia physica et mathematica, 2 vol. 4°, Mediolani ; tom. II, 1775, p. 92. — Reproduit dans ses Opera, 3 vol. 4°, Mediolani; tom. III, p. 130) l'impossibilité de faire entrer toutes les mesures géodésiques dans une ellipse régulière. Dans ces derniers temps, on a essayé des ellipses à trois axes inégaux. Mais on comprend que le nombre restreint des arcs mesurés, et surtout leur distribution très-inégale, rendent les calculs peu concluants. Appelant c le troisième demi-axe, on a trouvé les résultats suivants :

1860. T. F. Schubert. (Saint-Pétersbourg, Mém, I, n° 6, p. 31, 32.)

$a = 3\ 292\ 671,5$ T.,	aboutissant dans l'équateur par		58° 44′ et 238° 44′	E. Greenwich.
$b = 3\ 272\ 303,2$	—	—	148 44 et 328 44	—
$c = 3\ 261\ 467.9$ = demi-axe polaire.				

D'où :

Aplatissement dans le méridien qui contient le grand axe de l'équateur. . $\frac{1}{292,109}$.

Aplatissement dans le méridien qui contient le petit axe de l'équateur . . $\frac{1}{302,004}$.

1860. Clarke. (London, MAS, XXIX, 39.)

$a = 20\ 926\ 485$ F.	aboutissant dans l'équateur par		13° 58′,5	E. Greenwich.
$b = 20\ 921\ 177$	—	—	103 58,5 —	—
$c = 20\ 853\ 768$ = demi-axe polaire.				

D'où :

Aplatissement dans le méridien qui contient le grand axe de l'équateur. . $\frac{1}{286,779}$.

Aplatissement dans le méridien qui contient le petit axe de l'équateur . . $\frac{1}{309,364}$.

La figure de l'horizon dépend de celle même du sphéroïde. La dépression de l'horison n'est pas la même dans tous les azimuths. Sur cette différence, voyez

2215. Clausen, T. Ueber die Bestimmung der Abplattung des Erdsphäroids. ANn, XXI, 1844, 333.

L'idée que la Terre n'est pas un ellipsoïde tout à fait régulier a été d'abord émise par *Buffon* (Histoire naturelle générale et particulière, 15 vol. 4°, Paris; t. I, 1749, p. 165). L'impossibilité d'accorder toutes les mesures d'arcs géodésiques, même dans un ellipsoïde à trois axes inégaux, est venue vérifier cette assertion. C'est à la géodésie qu'il appartient de faire l'étude des irrégularités de figure du sphéroïde terrestre, et des attractions locales.

§ 198. GRAVITÉ.

Depuis la publication des Principia de *Newton*, la pesanteur n'est plus qu'un cas particulier de la gravitation (Newtonus, PPm, 1687, lib I, prop. 7). L'étude de cette force et de ses variations, tant à la surface qu'à l'intérieur de la Terre, appartient à la géodésie et à la physique du globe. Nous allons nous borner à rappeler les expressions numériques les mieux établies, de la longueur du pendule simple, longueur de laquelle on déduit d'ailleurs sur-le-champ la constante de la gravité.

Nous désignons par P la longueur du pendule simple qui bat la seconde sexagésimale, dans le vide, au niveau de la mer, et dans des arcs d'oscillation infiniment petits; par g la constante de la gravité, également au niveau de la mer, et par φ la latitude géographique du lieu.

Poisson, partant, pour la constante principale, des expériences de *Borda* à Paris, qu'il avait soigneusement réduites et discutées, et dans lesquelles il avait tenu compte pour la première fois de l'inertie des particules d'air qui se meuvent avec le pendule, pose (Traité de mécanique, 3e édit., 2 vol. 8°; Paris, t. I, 1833, p. 367) :

$$P = 0^m{,}993\ 512\ (1 - 0{,}002\ 588 \cos 2\varphi),$$

qu'on peut mettre sous la forme

$$P = 0^m{,}990\ 939 + 0^m{,}005\ 142 \sin^2 \varphi.$$

Plus tard, *Unferdinger* (AdM, XLIX, 1869, 309) s'est livré à une discussion très-étendue des observations du pendule, et en a conclu la formule logarithmique :

$$\text{Log}\ P = \bar{1}{,}996\ 063\ 0 + [3{,}331\ 70] \sin^2 \varphi + [5{,}319\ 0] \sin^4 \varphi,$$

qui revient à

$$P = 0^m{,}990\ 975\ 7 + 0^m{,}005\ 128\ 4 \sin^2 \varphi + 0^m{,}000\ 060\ 86 \sin^4 \varphi.$$

On sait qu'à une hauteur h au-dessus de la mer, la longueur P devient, en supposant la densité du ménisque moitié de celle du globe, et en appelant R le rayon de la Terre au lieu d'observation,

$$P' = \frac{P}{R}(R - 2h) = P\left(1 - \frac{2h}{R}\right).$$

Quant à la gravité, elle est toujours (*Hugenius,* Horologium oscillatorium, fol., Parisiis, 1673; part. IV. — Reproduit : *Hugenius,* Opera varia, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum, 1724; vol. I, p. 182) :

$$g = \pi^2 P.$$

§ 199. DENSITÉ.

Nous réunissons ci-dessous les déterminations que l'on a faites de la densité moyenne du globe terrestre, celle de l'eau étant prise pour unité.

Valeurs attribuées à la densité moyenne de la Terre.

1687. Newton, par des considérations théoriques. (**Newtonus, PPm, lib.** II. — Comparez : **London, PTr, 1821, 276.**) . . . . . Entre 5 et 6

1778. Hutton, en calculant les observations de *Maskelyne* sur la déviation du fil-à-plomb près du mont Shehallien. (**London, PTr, 1778, 689.**) 4,95

1789. Legendre, par des considérations théoriques. (**Paris, H & M, 1789, 372.**) 5,0

1798. Cavendish, au moyen de la balance de torsion. (**London, PTr, 1798, 469.**) 5,48

1811. Playfair, en recalculant l'expérience faite auprès du Shehallien. (**London, PTr, 1811, 347.**) 4,713

1821. Hutton, en recalculant encore une fois cette expérience. (**London, PTr, 1821, 276.**) 5,31

1821. Carlini, par l'observation du pendule sur le Mont-Cenis, comparée à celle au bord de la mer. (**EfM, 1824, 28.**) 4,39

1825. Laplace, par la théorie de l'attraction, en supposant la densité de la croûte égale à 3. (**Laplace, TMc, V; lib.** XI, **ch.** ij, **n° 5.**). . . . 4,761

1830. E. Schmidt, en recalculant les observations de *Carlini.* (Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie, 2 vol. 8°, Göttingen; vol. II, p. 469.) 4,837

En recalculant celles de *Cavendish* (ibid.) 5,52

1838. Reich, au moyen de la balance de torsion et d'appareils micrométriques. (Versuche über die mittel Dichtigkeit der Erde; 8°, Freiberg.) 5,44

1841. Giulio, en recalculant les observations de *Carlini* au Mont-Cenis. (Torino, Mem_2, III, 379.). 4,95

1842. Baily, par la balance de torsion, avec des précautions extrêmes. (London, MAS, XIV, ccxlvij.). 5,660 4

1852. Reich, par de nouvelles expériences à la balance de torsion. (Leipzig, Abh, I, 383; aussi APC_1, LXXXV, 195.) 5,583 2

1854. Airy, par ses observations du pendule dans la mine de Harton. (London, MAS, XXV, 170; aussi London, PTr, 1856, 342.) . . 6,566

1856. Haughton, en appliquant une méthode spéciale aux observations d'*Airy*. (PMg_4, XII, 51.) 5,480

1856. James, par la déviation du fil-à-plomb à Arthur-Seat, près Édimbourg. (Account of the principal triangulation of Great Britain and Ireland, 4°, London; p. 609; aussi London, PTr, 1856, 591.) 5,316

1872. Folie, en recalculant les observations d'*Airy*. (Bruxelles, Bul_2, XXXIII, 390.). 6,439

1873. Cornu & Baille, à la balance de torsion. (Paris, Crh, LXXVI, 954.) 5,56

Le chiffre de l'aplatissement du globe indique que les densités vont en croissant de la surface au centre. Mais on ignore la loi de cet accroissement.

Il résulte toutefois des expériences du pendule faites sous la direction d'*Airy*, en 1854, dans la mine de Harton, près South Shields (Northumberland), à une profondeur de 1256 F = 383 M, que la gravité, à la station inférieure, était 1,000 051 85 de celle à la station supérieure (London, PTr, 1856, 330). Ainsi, immédiatement au-dessous de la surface terrestre, la gravité va d'abord en augmentant, et cette augmentation est, d'après ces expériences, de 0, 000 135 de la valeur à la surface, par chaque kilomètre d'enfoncement.

Ce chiffre est lié à la distribution des densités suivant le rayon terrestre. Mais il faudrait connaître la loi de ces densités. Jusqu'ici on n'a pu faire à cet égard que des suppositions.

Legendre a proposé (Paris, H & M, 1789, 372) l'hypothèse d'une matière compressible, dont la résistance à la compression croît proportionnellement à la charge. *Laplace* a repris cette hypothèse (Laplace, TMc, V, 1825; liv. xi, ch. 2), de laquelle il déduit l'expression des densités et des ellipticités des diverses couches. *Roche* (Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires de la section des sciences, 4°,

Montpellier; vol. III, 1857, p. 109) ajoute un terme dépendant du carré de la densité. S'appuyant alors sur le coefficient numérique de la précession et sur l'accroissement de la gravité immédiatement au-dessous de la surface, observé par *Airy*, il trace, dans son hypothèse, la courbe des densités suivant les profondeurs. Il arrive ainsi à une densité au centre d'environ 10,5, celle de l'eau étant l'unité (volume cité de l'Académie de Montpellier, p. 125).

§ 200. MASSE.

Les premières déterminations de la masse de la Terre ont été faites en comparant le mouvement de la Lune autour de la Terre à celui de la Terre autour du Soleil. C'est seulement plus tard qu'on a pu recourir à d'autres méthodes, qui se trouvent indiquées explicitement dans le tableau ci-dessous, vis-à-vis des résultats numériques qu'elles ont fournis.

Valeurs attribuées à la masse de la Terre.

1687. NEWTON, en supposant la parallaxe du Soleil 10″,5. (**Newtonus, PPm, lib. III, prop. 8.**)	$\frac{1}{169\,282}$
1782. LAGRANGE, par les distances de la Lune et du Soleil. (**Berlin, Mem$_1$, 1782, 181.** — Reproduit : **Lagrange, OEu, V, 1870, 224.**) . .	$\frac{1}{365\,361}$
1789. LAPLACE, en déduisant la gravité des meilleures observations du pendule. (**Paris, H & M, 1789, 18.**)	$\frac{1}{328\,266}$
1802. LAPLACE. (**Laplace, TMc, III; liv. VI, ch. VJ, n° 21.**)	$\frac{1}{329\,630}$
1832. PLANA, par l'équation parallactique de la Lune et la parallaxe de cet astre. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 20.)	$\frac{1}{352\,359}$
1842. ENCKE, par la parallaxe du Soleil et le pendule. (**Berlin, Abh, 1842, Math, 1**; aussi **ANn, XXI, 1844, 113.**)	$\frac{1}{355\,499}$
1864. HANSEN, par l'équation parallactique de la Lune. (**London, MNt, XXIV, 11.**)	$\frac{1}{319\,455}$
1867. NEWCOMB. (**Washington, Obs$_2$, 1865; append. II, p. * 29.**)	$\frac{1}{322\,800}$
1876. LE VERRIER, valeur qu'il adopte définitivement. (**Paris, MOb, XII, 9.**)	$\frac{1}{324\,439}$
1879. VON ASTEN, par les perturbations de la comète de Encke, de 1819 à 1868. (**Saint Pétersbourg, Mem, XXVI, n° 2, p. 98.**)	$\frac{1}{308\,879}$

La masse appelée ici masse de la Terre est celle du système dont la Terre est le centre, c'est-à-dire de la Terre et de la Lune réunies.

§ 201. ROTATION : UNIFORMITÉ.

Képler émit le premier le soupçon que la rotation de la Terre ne se fait pas avec une vitesse parfaitement uniforme (Keplerus, Epi, I, 1618, 287. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 248, 455.) Mais il ne pouvait appartenir qu'à la mécanique céleste d'évaluer les inégalités de ce mouvement. *Laplace* montra, en 1799, qu'elles sont tout à fait insensibles (Laplace, TMc, II; liv. v, ch. j, n°s 8, 9).

Poisson fit voir ensuite que, dans l'hypothèse du maintien des conditions actuelles, la rotation de la Terre et sa révolution sidérale sont constantes (Paris, Mém$_2$, VII, 1824, 199). Ces divers résultats ont été confirmés par *Jacobi* (JfM, XXXIX, 1850, 293) et par *Serret* (Paris, MOb, V, 1859, 291).

Mais si les conditions changent, si, par exemple, le globe se contracte en se refroidissant, la vitesse de rotation ira en s'accélérant. *Laplace,* en comparant aux positions de la Lune données par les tables, celles qui résultent des anciennes éclipses observées par les Chaldéens, a cru pouvoir établir qu'en 25 siècles, la diminution du jour n'a pas atteint, par rotation, 0, 000 000 1 de sa valeur (CdT, 1821, 242).

Quant au retard causé par le frein de marée, nous en avons parlé précédemment, au § 124, p. 296.

On pourra consulter, sur la rotation de la Terre et ses inégalités, le mémoire que l'on vient de rappeler de

2214. Serret, J. A. Théorie du mouvement de la Terre autour de son centre de gravité. Paris, MOb, V, 1859, 259.

§ 202. ROTATION : DÉPLACEMENT DE L'AXE.

La théorie montre que si l'axe de rotation n'est pas rigoureusement un axe principal, il doit se déplacer autour de celui-ci. Mais la permanence des latitudes, dans la limite de 1″, permet à *Serret* de conclure (Paris, MOb, V, 1859, 290) que l'angle de l'axe instantané de rotation avec l'axe du plus grand moment d'inertie sera toujours très-petit.

C. A. F. Peters a cherché, dans les observations de la polaire de Poulkova, l'effet du déplacement relatif de ces deux axes (ANn, XXII, 1845, 128) Représentant par r la correction qu'il faut appliquer à la latitude moyenne pour connaître la latitude apparente, et par t le temps, en années tropiques, écoulé depuis 1842,00, il obtient par cette discussion,

$$r = 0'',079 \cos (341°,6 + 432°,7\, t).$$

La période est supposée de 303,867 jours solaires; la latitude de Poulkova était maxima, le 16 novembre 1842.

Nyrén a également discuté à ce point de vue les latitudes de Poulkova (**Saint Pétersbourg, Mem, XIX, 1873, n° 10; p. 37, 38**). Il trouve d'abord pour la période 305ʲ,57, en faisant usage de la constante de la précession de *Struve*. Il résulte ensuite de ses calculs, par une moyenne entre les observations de *C. A. F. Peters,* de *W. Struve,* de *Gyldén* et les siennes propres,

$$r = 0'',095 \cos (21^\circ,6 + 430^\circ,3\, t')$$

où t' est le temps exprimé en années, à partir de 1868,00. La latitude aurait été maxima le 13 décembre 1867.

Downing a repris des recherches analogues, par dix années d'observations de la polaire à Greenwich, 1868 à 1877. Il a trouvé (**London, MNt, XL, 1880, 431, 432**).

$$r = 0'',075 \cos (203^\circ,0 + 429^\circ,4\, t''),$$

où t'' est le temps compté en années depuis 1872,00. L'auteur admet une période de 306ʲ; la latitude de Greenwich aurait été maxima le 12 octobre 1872.

Outre cette variation dont la période est d'environ trois cents jours, il existe de petites inégalités horaires, dont le calcul a été développé récemment par

2215. **Oppolzer, T. von.** Variationen der Polhöhe. **ANn, C, 1881, 169.**

C'est au déplacement de l'axe de rotation à l'intérieur du globe, que se rattache la question de la variation lente et progressive des latitudes, soupçonnée par quelques astronomes.

Domenico *Maria* serait, d'après *J. D. Cassini* (**Paris, His, X, 1730, 364**), le premier qui en ait eu l'idée. Toutefois, les observations au gnomon n'avaient pas la précision nécessaire pour mettre en évidence des changements fort délicats. On continua de discuter cette question, après que les instruments de mesure angulaire eurent été perfectionnés. Nous citerons, entre autres, l'examen qu'ont fait de ce point délicat :

Petit, P., Dissertatio de latitudine Lutetiae et magnetis declinatione; 4°, Parisiis, 1660. — Reproduit dans les Opera philosophica de *Du Hamel* [*Hamelius*]; 4°, Norimbergae, 1681.

Hevelius, J., Prodromus astronomiae, fol., Gedani, 1690; p. 5.

Manfredi, E., De gnomone meridiano bononiensi, 4°, Bononiae, 1736; cap. 16.

La variation, si elle existe, étant très-petite, il fallait des observations d'une grande précision pour la mettre en évidence. Une discussion des déterminations de latitudes, exécutées dans les principaux observatoires, à différents intervalles, depuis un siècle environ, a été présentée par

2216. **Fergola, E.** Determinazione novella della latitudine dell' Osservatorio di Capodimonte. **Napoli, Att_2, V, 1873, n° 23.**

Il résulte des comparaisons établies dans ce mémoire, que les chiffres les plus récents sont inférieurs aux chiffres obtenus par des observations plus anciennes. Toutefois il serait téméraire d'affirmer, dès à présent, que les différences sont d'un ordre supérieur aux erreurs des observations.

§ 203. VARIABILITÉ DE LA VERTICALE.

Il ressort des formules établissant le mouvement de la Terre autour de son centre de gravité, que les variations dans la direction de la pesanteur, pour un lieu donné, sont au-dessous de toute quantité appréciable. *A. Mayer* l'a montré le premier (Dissertatio de deviatione et reciprocatione penduli; 4°, Griphiswaldiae, 1767).

L'action de la Lune sur la direction de la pesanteur n'est pas absolument insensible. Elle fait en ce moment l'objet des études d'une commission de l'Association britannique, dont on a un rapport par

2217. **Darwin, G. H.** Report of the committee appointed for the measurement of the lunar disturbance of gravity. **British Assoc, Rep, 1880, 25.**

Si, en théorie, les mouvements de la verticale sont très-faibles, l'expérience a montré que des variations, dont les causes ne sont pas encore bien connues, et s'élevant parfois à plusieurs secondes, se produisent dans les verticales de divers lieux.

Les premières observations, faites à l'aide d'un fil-à-plomb, sous le dôme de l'Hôtel des Invalides, à Paris, n'avaient montré qu'une permanence dans la direction de la gravité. Telle avait été la conclusion de

2218. **Bouguer, P.** Observations sur la direction qu'affectent les fils-à-plomb. **Paris, H & M, 1754, 250.**

Mais l'instrument ni l'installation n'avaient la délicatesse nécessaire à l'appréciation de mouvements fort petits.

Une expérience analogue, tentée plus tard dans la même direction, a été entreprise par

2219. **Panisetti, —** . Expériences sur les oscillations du pendule immobile. **Cos, VIII, 1856, 503.**

D'après cet observateur, des fils-à-plomb depuis 1ᵐ jusqu'à 16ᵐ de longueur, décrivent des ellipses microscopiques, dont le grand axe est dirigé de l'est à l'ouest.

Le premier indice qu'on eût d'une oscillation des surfaces de niveau, fut tiré par *de Cesaris* des mouvements du niveau à bulle d'air de la lunette méridienne de Milan (**EfM, 1813, 105**). Cet astronome l'attribuait à une dilatation inégale des différentes parties de l'édifice.

Il a été constaté depuis, à l'aide du niveau à bulle d'air, dans l'ancien Observatoire de Santiago du Chili, que la colline de Santa Lucia, sur laquelle ce bâtiment était construit, s'incline périodiquement sous l'action du Soleil. Voyez sur ce point

2220. **Moesta, C.** Observations on an important phenomenon observed with regard to the hill of Santa Lucia, situated in the city of Santiago de Chile. **London, MNt, XV, 1855, 61.**

Une étude spéciale des mouvements de la verticale fut alors entreprise par

2221. **Abbadie, A. d'.** Recherches sur la verticale. Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 8°, Bruxelles; tom. V, 1881, p. 37.

L'auteur s'est servi d'un appareil qu'il appelle « nadirane, » et qui consiste en une lunette dont la croisée de fils se réfléchit sur un bain de mercure. Il a trouvé des déviations de plusieurs secondes. Le lieu d'observation étant peu éloigné de l'océan, il s'est demandé si ces mouvements ne pourraient pas s'expliquer par l'attraction du flot de marée; mais il a montré que cette cause est insuffisante.

Parmi les études les plus récentes sur ce sujet, les plus suivies ont été celles de

2222. **Plantamour, P.** Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air. **Arc_3, II, 1879, 641; V, 1881, 97; VI, 1881, 601.**

Cette série d'observations embrasse maintenant trois années.

Des mouvements très-sensibles ont été constatés, dans l'installation des instruments méridiens de certains Observatoires, non-seulement en inclinaison, mais en azimuth. On peut voir sur ce sujet :

2223. **Hirsch, A.** Mouvement périodique de l'azimuth de la lunette méridienne de l'Observatoire de Neuchâtel. Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, 8°, Neuchâtel; vol. XI, 1879, p. 576.

§ 204. INFLUENCE DE LA ROTATION SUR LA CHUTE DES GRAVES.

La rotation de la Terre doit avoir pour effet de faire dévier de la verticale les corps qui tombent. Mais la déviation est si faible, pour les hauteurs dans lesquelles l'expérience est praticable, et les causes de dérangement sont si difficiles à éviter, qu'il a été longtemps impossible de mettre cet effet en évidence. Les essais qu'avaient tentés les anciens n'avaient donné qu'un résultat en apparence négatif (*Aristoteles,* De coelo [G], lib. II, cap. 14). On n'avait pas d'abord été beaucoup plus heureux dans les temps modernes. *T. Brahé* avait même tiré de cette difficulté que l'on éprouvait à dégager l'effet de déviation, que la rotation de la Terre n'existait pas (Brahaeus, Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 [aussi titre de 1610]; p. 167).

Le premier géomètre qui ait donné le calcul de la déviation des graves, par suite de la rotation du globe, fut *D'Alembert* (Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris; vol. VII, 1772; p. 327).

Voici l'indication des différentes expériences qui ont été publiées sur ce sujet. Nous réduisons toutes les données en mesures métriques.

Déviations observées dans la chute des graves.

	Hauteur de chute.	Déviation vers l'Est.	Déviation vers le Sud.
1679. HOOKE, dans des expériences faites en présence de la Société Royale. (*Birch,* History of the Royal Society, as a supplement to the philosophical transactions, 4 vol. 4°, London; vol. I, 1756.)	8ᵐ,2	Insensible.	Insensible.
1719. DESAGULIERS, à St. Paul de Londres. (London, PTr, 1719, 344.)	85ᵐ	Incertaine.	Incertaine.
1791. GUGLIELMINI, à la tour des Asinelli à Bologne, avec une balle de plomb d'un pouce de diamètre (*Guglielminus,* De diurno Terrae motu experimentis physico-mathematicis confirmato; 8°, Bononiae, 1792.)	29ᵐ,2	0ᵐ,018 89	0ᵐ,011 89
1802. BENZENBERG, au Michaelisthurm de Hambourg, avec une balle de plomb d'un pouce et un tiers de diamètre. (Versuche über das Gesetz des Falls und die umdrehung der Erde, 8°, Dortmund, 1804; p. 344.)	76ᵐ,0	0ᵐ,009 02	0ᵐ,003 36

	Hauteur de chute.	Déviation vers l'Est.	Déviation vers le Sud.
1804. Benzenberg, en renouvelant ses expériences dans le puits du Schlebusch, comté de Mark, et par 40 épreuves. (BaJ, 1807, 111.)	84m,4	0m,010 15	?
1814. Tadini, à Bergomi, par 143 expériences. (*Tadinus,* Quotidiana Terrae conversio devio corporum casu demonstrata; 8°, Milano, 1814.)	32m	A l'Est, suivant la théorie.	?
1832. Reich, dans une des mines de Freiberg, par 106 expériences. (Fallversuche über die Umdrehung der Erde, 8°, Freiberg; p. 46.)	158m,52	0m,828 396	0m,004 374

C'est peut-être ici le lieu de rappeler que par suite de la figure ellipsoïdale des surfaces de niveau, un fil-à-plomb, suspendu à une grande hauteur au-dessus et dans le prolongement d'un autre fil-à-plomb, ne se dirige pas suivant la même droite que ce dernier. Par la même raison, deux fils-à-plomb suspendus d'un même point, mais de longueur inégale, doivent faire un angle entre eux. Voyez sur ce sujet :

2224. Tessan, D. de. Sur une circonstance inexpliquée de la chute des corps. **Paris, Crh, L, 1860, 575.**

Par la même raison encore, la verticale d'un télescope fait un angle avec celle de la croisée des fils, réfléchie sur un bain de mercure placé beaucoup plus bas. C'est ce qui a été indiqué par

2225. Abbadie, A. d'. Direction de la pesanteur. **Paris, Crh, LXI, 1865, 838.**

§ 205. INFLUENCE DE LA ROTATION SUR LE PENDULE.

En 1661, les académiciens del Cimento avaient entrevu le déplacement progressif du plan d'oscillation du pendule (*Targioni-Tozzetti, G.,* Atti e memorie inedite dell' Accademia del Cimento, 4 vol. 4°, Firenze, 1780, vol. II, part. II, p. 669; *Antinori, V.,* Saggio di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento, 3a ed., 4°, Firenze, 1841, p. 20; *Antinori, V.,* dans **Paris, Crh, XXXII, 1851, 635).**

Dans les notes de sa traduction de l'Histoire naturelle de *Pline, Poinsinet de Sivry* fut plus explicite. Le plan d'oscillation d'un pendule peut servir, dit-il, dans un véhi-

cule, à constater, par sa permanence, les changements de direction du véhicule (Histoire naturelle de *Pline* traduite en français, 12 vol. 4°, Paris; vol. XII, 1782, p. 486).

Cependant rien d'expérimental n'avait été réalisé, lorsqu'en 1816 *Fessel,* de Cologne, trouva accidentellement l'instrument de démonstration connu sous le nom de gyroscope, auquel *Bohnenberger* donna bientôt sa forme actuelle (APC_1, LX, 1819, 60). Enfin, en 1851, la permanence du plan d'oscillation du pendule fut employée à démontrer la rotation de la Terre, par

2226. **Foucault, L.** Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule. Paris, Crh, XXXII, 1851, 135. — Reproduit : Arc_1, XVI, 1851, 204; en anglais : The Edinburgh new philosophical journal, 8°, Edinburgh; vol. LI, 1851, 101 ; et en allemand : APC_1, LXXXII, 1851, 458.

Cette expérience brillante fut bientôt répétée sous différentes latitudes, afin d'examiner la loi de la vitesse de rotation du plan. Plusieurs géomètres en donnèrent la théorie, notamment :

2227. **Binet, J. P. M.** Note sur le mouvement du pendule simple, en ayant égard à l'influence du mouvement diurne de la Terre. Paris, Crh, XXXII, 1851, 157, 160, 197.

2228. **Zantedeschi, F.** Ricerche fisico-matematiche sulla deviazione del pendolo dalla sua trajettoria; 4°, Padova, 1852.

2229. **Hansen, P. A.** Theorie der Pendelbewegung mit Rücksicht auf die Gestalt und Bewegung der Erde. Neueste Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, 4°, Danzig; vol. V, 1856, n° 1.

Le principe de cette expérience a depuis subi une extension, dans la considération des mouvements qui s'exécutent du nord au sud ou du sud au nord. La tendance des corps mobiles à se porter vers l'un des côtés de leur voie fait le sujet de la loi de

2230. **Baer, K. E. von.** Ueber ein allgemeinen Gesetz in der Gestaltung der Flussbetten. Saint Pétersbourg, Bul_3, II, 1860, 1, 218, 353.

On peut voir une bibliographie sommaire des articles et mémoires publiés sur l'expérience de *Foucault,* dans Unt, X, 1856, 109, 117.

R. Walker a cru remarquer que la vitesse de rotation du plan d'oscillation s'accélère dans le voisinage du méridien magnétique (British Assoc, Rep, 1851, II, 19).

Poisson a fait voir que les inégalités périodiques de la durée du jour, et l'influence de la rotation de la Terre sur la durée des oscillations d'un pendule, quel que soit le plan suivant lequel ce pendule oscille, sont au-dessous de toute appréciation. Consultez sur ce point

2251. **Poisson, S. D.** Mémoire sur les mouvements des projectiles dans l'air, en ayant égard à la rotation de la Terre. **Paris, JEP, XVI, 1838, 1,** (cah. XXVI).

§ 206. LUMIÈRE ZODIACALE.

Sans prétendre en rien préjuger le siége de la Lumière zodiacale, nous croyons que l'on peut aujourd'hui, sans encourir de graves reproches, en parler dans le chapitre qui concerne la Terre.

Ce phénomène n'avait rien d'aussi nouveau qu'on l'a supposé, lorsque vers la fin du XVII[e] siècle, *J. D. Cassini* le soumit pour la première fois à une étude scientifique. Dans certaines circonstances particulières, on avait été frappé de l'aspect de cette lueur, qui s'élève en cône suivant le zodiaque. C'est dans ces termes que *Nicéphore* la décrit (Historia ecclesiastica [G], fol., Basileae, 1553 [suivie d'autres édit.]; lib. XIII) d'après des relations de l'an 410, époque de la prise de Rome par Alaric, où elle fut remarquée depuis le milieu de l'été jusqu'à la fin de l'automne.

Dans les régions du midi, on était familier avec cette lumière. Les orientaux l'ont connue depuis très-longtemps sous le nom de « fausse aurore, » nom qui se trouve déjà dans le Koran (ch. II, v. 183); c'est une lueur avant-courrière de l'aube; elle se lève droite, par opposition à l'aurore proprement dite, qui au contraire s'étale sur l'horizon. Les Aztèques l'avaient aussi remarquée; d'anciens documents mexicains en font mention en 1509 (***Humboldt, A. de***, Vues des Cordillères et monuments des peuples de l'Amérique, 2 vol. 8°, Paris; vol. II, 1816, p. 301).

Même sous le climat moins favorable de l'Europe, il paraît que ***Rothmann, T. Brahé*** et *Képler* n'étaient pas étrangers à cette apparence (***Wolf, R.***, Handbook der Mathematik, 2 vol. 8°, Zürich; vol. II, 1872, p. 337). On dit que, vers 1630, ***Descartes*** en avait une assez juste idée (***Kirkwood,*** Meteoric astronomy, 12°, Philadelphia, 1867; p. X). *Wendelin* en avait fait une véritable description (**Petavius, Doc, III, 1836;** variae dissertationes, lib. II, cap. 9).

Dans la seconde moitié du XVII[e] siècle, l'attention plus précise des observateurs ne laisse pas échapper cette manifestation lumineuse. On la signale en Angleterre en 1659 (*Childrey*, Britannia baconica, 8°, London. — 2[e] édit., 1661; voir p. 183). On l'a remarquée en Chine en 1668 (***Chardin,*** Le couronnement de Soleïman III, roi de Perse; 8°, Paris, 1671). A Nuremberg, on l'observait depuis 1678 (Miscellanea curiosa medico-physica Academiae naturae curiosorum, 4°, Lipsiae; Decur. III, ann. I, 1694, p. 285). Enfin, à partir du 18 mars 1683, *J. D. Cassini* en commença une étude scientifique, qui a été reprise ensuite par différents astronomes, et poursuivie par intervalles jusqu'à ce jour.

Voici les principales séries d'observations, dans lesquelles on trouvera des éléments pour l'étude de la Lumière zodiacale :

2232. **Cassini, J. D.** Découverte de la lumière qui paroist dans le zodiaque; fol., Paris, 1685. — Inséré dans **Paris, ROb, 1693**, n° 10; reproduit : **Paris, His. VIII, 1730, 276.**

2233. **Schön, A. E.** Bemerkungen über das Zodiakallicht. **BaJ, 1789, 228.**

Il est regrettable que l'on connaisse seulement d'une manière sommaire cette série, qui se composait de plus de 500 observations, embrassant une période de 20 années.

2234. **Jones, G.** United States Japan expedition, observations on zodiacal light; 4°, Washington, 1856.

Ouvrage magistral, dans lequel l'auteur distingue pour la première fois entre les différentes enveloppes ou cônes emboîtés, qui composent la Lumière zodiacale.

2235. **Schmidt, J. F. J.** Das Zodiacallicht, Uebersicht der seitherigen Forschungen nebst neuen Beobachtungen über diese Erscheinung in den Jahren 1843 bis 1855; 8°, Braunschweig, 1856.

2236. **Heis, E.** Zodiacallicht-Beobachtungen in den letzten neuen-und-zwanzig Jahren, 1847-1875.

Dans Veröffentlichung der Sternwarte zu Münster, 4°, Münster; n° I, 1875.

2237. **Weber, H.** Zodiakallichtbeobachtungen

Suite d'observations à Peckeloh en Westphalie, qui commence en 1873 et que l'auteur poursuit encore. Cette série est publiée par parties dans les volumes successifs du **WfA**, à partir du vol. VI, 1873.

2238. **Decheverens, M.** La Lumière zodiacale étudiée d'après les observations faites de 1875 à 1879 à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, Chine; 4°, Zi-Ka-Wei 1879.

Il existe, en outre, beaucoup d'observations isolées ou peu suivies de la Lumière zodiacale. On en trouve une liste, principalement intéressante en ce qui concerne les plus anciennes, dans l'Edinburgh Encyclopaedia, conducted by *D. Brewster*, 17 vol. 4°, Edinburgh; vol. II, 1810, p. 620, col. 2.

Une autre liste, qui s'étend jusqu'à une époque plus récente, est présentée dans les Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. I, 1878, Répertoire des constantes de l'astronomie, p. 263.

Si l'on veut se borner à la description du phénomène, on peut consulter :

2239 **Mairan, J. J. de.** De la Lumiere zodiacale et de l'atmosphère solaire.

Dans son Traité physique et historique de l'aurore boréale, 12°, Amsterdam, 1733; 2ᵉ édit., 4°, Paris, 1754, sect. I, p. 10.

2240. **Argelander, F. W. A.** Das Zodiacallicht. Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher,* 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1844, p. 148.

2241. **Vogel, E.** Ueber das Zodiakallicht. **Unt, IV, 1850, 73, 83.**

2242. **Arago, F.** Lumière zodiacale. **Arago, Apc, II, 1855, 183.**

2243. **Serpieri, A.** La Luce zodiacale studiata nelle osservazioni di *G. Jones.* **Spettr. ital., Mem, IV, 1876, app, 49.**

2244. **Serpieri, A.** Guida per gli osservatori della Luce zodiacale in conformità dei nuovi fatti svelati delle osservazioni di *G. Jones.* **Spettr. ital., Mem, VI, 1877, app, 61.**

2245. **Lewis, H. C.** Note on the zodiacal light. **AJS_3, XX, 1880, 437.** — Reproduit : **Spettr. ital, Mem, IX, 1880, 143.**

2246. **Houzeau, J. C.** La Lumière zodiacale. Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles; vol. I, 1881, p. 437, 481, 517.

En 1843, *Argelander* émit le doute que la Lumière zodiacale ait une inclinaison constante sur l'écliptique (Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher,* 8°, Stuttgard & Tübingen; année 1844, p. 153). *Houzeau* montra, bientôt après, que les observations de *J. D. Cassini* n'indiquaient nullement pour le plan de symétrie de cette Lumière, le plan de l'équateur du Soleil (**ANn, XXI, 1844, 183**). Plus tard, par une série de déterminations faites entre les tropiques, le même auteur crut pouvoir démontrer que l'axe de symétrie de la Lumière zodiacale coïncide sensiblement avec l'écliptique (**Bruxelles, Mcr', XXV, 1875; n° 2, p. 57**).

C'est à peu près la même conclusion qui ressort de la discussion à laquelle *Backhouse* s'est livré récemment (**London, MNt, XLI, 1881, 333**).

La question de savoir si la Lumière zodiacale à une parallaxe a été examinée par

2247. Heis, E. Das Zodiakallicht. **Unt, XI, 1857, 133.**

C'est ici qu'on peut mentionner un travail de

2248. Eylert, H. Bemerkungen über das Zodiakallicht. **WfA, XVII, 1874, 134.**

Cet observateur croit pouvoir établir cette règle, qu'en général le bord le plus net de la Lumière, est celui de nom contraire à l'hémisphère dans lequel l'observateur se trouve.

En 1803, *A. de Humboldt,* alors dans les régions tropicales, avait remarqué une tache de lumière opposée au Soleil, qui est maintenant connue sous le nom de « Gegenschein » (**ANn, XLII, 1856, 65**). Un demi-siècle plus tard, *Jones* mentionna également ce phénomène (**AJl, IV, 1856, 94; V, 1859, 28**). Mais ce fut *Brorsen* qui en fit reconnaître le caractère, dans l'article intitulé

2249. Brorsen, T. Ueber eine neue Erscheinung am Zodiakallicht. **Unt, VIII, 1854, 156.**

Cet observateur a constaté que le Gegenschein est centré sur le point du ciel opposé au Soleil, dans les limites des erreurs des observations (**ANn, XLIX, 1859, 220**).

Indépendamment du Gegenschein, on sait qu'un certain nombre d'observations, notamment d'*Eylert* et de *Serpieri,* signalent l'existence d'une bride ou lien, ayant jusqu'à 10° ou 12° de largeur, entre les deux fuseaux de la Lumière zodiacale, et reliant en passant le Gegenschein. C'est une faible trace d'anneau continu ou de « pont. »

Les principales sources pour le spectre de la Lumière zodiacale sont :

2250. Vogel, H. C. Ueber das Spectrum des Zodiacallichtes. **ANn, LXXIX, 1872, 327.**

2251. Wright, A. W. On the spectrum of the zodiacal light. **AJS_3, VIII, 1874, 39**

Ce dernier travail contient également des observations sur la polarisation de la lumière provenant du fuseau zodiacal.

Sur la chaleur émise par la Lumière zodiacale on peut voir :

2252. Matthiessen, A. ... Sur la lumière zodiacale. **Paris, Crh, XVI, 1843, 686.**

Un phénomène analogue à la Lumière zodiacale existe-t-il pour d'autres corps de notre système? *Jones* a, le premier, assimilé à cet appendice de la Terre, une sorte de nébuleuse qu'il a remarquée plusieurs fois attachée à la Lune (**AJl, IV, 1856, 94**). Il en rapporte 16 observations, dont 14 vers le temps de la pleine Lune, et 2 vers le premier quartier.

Depuis lors, cette observation a été renouvelée, notamment par *Trouvelot* (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XIII, 1878, p. 183. — Reproduit : **AJS_3, XV, 1878, 88**) et par *Holden* (**AJS_3, XV, 1878, 231**).

On a également rapproché de la Lumière zodiacale de la Terre l'appendice que *Beer* et *Mädler* ont vu un jour, partant de Vénus, alors en croissant (**Beer & Mädler, Frg, 1840, 203** (**Bei, 1841, 139**)).

La plus ancienne théorie de la Lumière zodiacale est celle que *J. D. Cassini* proposa, dès l'origine de ses études sur ce phénomène (Découverte de la lumière.... cité plus haut sous le n° 2232; voir p. 18, 26). Elle consiste à regarder cette Lumière comme provenant d'une nébuleuse centrée sur le Soleil, et fortement aplatie dans le plan de l'équateur de cet astre. *L. Euler* avait adopté cette idée (**Berlin, H & M, 1746, 117**), qui a été longtemps admise sur l'autorité de ces noms illustres, et qui n'a pas encore disparu des livres élémentaires. Cependant *Laplace* a fait voir (Exposition du système du monde, 2 vol. 8°, Paris, 1796; vol. II, liv. IV, ch. 10) qu'une atmosphère qui tournerait avec le Soleil ne s'étendrait pas même jusqu'à l'orbite de Mercure, et ne pourrait avoir, par conséquent, le développement que l'on observe à la Lumière zodiacale.

T. Young (Lectures on natural philosophy, 2 vol. 4°, London; vol. I, 1807, p. 502), et plus tard, bien qu'avec certaines modifications, *Challis* (**PMg_4, XXV, 1863, 117, 183**), ont toutefois soutenu encore l'hypothèse solaire. On a vu aussi dans la Lumière zodiacale l'extension de la Couronne, qui entoure le Soleil pendant les éclipses (*Regnér,* dans **MCz, VI, 1802, 14**). Mais toujours il fallait supposer que la masse nébuleuse n'est pas entraînée avec toute la vitesse de rotation du Soleil.

A l'hypothèse solaire de *J. D. Cassini* vint s'opposer presque immédiatement l'hypothèse terrestre de *Hooke* (Posthumous works, fol., London, 1705; p. 193), d'après laquelle la Lumière zodiacale serait une matière disposée autour de notre globe. Cette théorie, regardée longtemps sans aucune faveur, a été reprise, dans ces derniers temps, d'abord par *Barnard* (**AJS_2, XXI, 1856, 217, 399**), qui attribue cette Lumière à un anneau nébuleux disposé autour de la Terre, puis par *S. Alexander,* qui en fait une ceinture météorique, à peu près comparable à l'anneau de Saturne (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XXI, 1876, p. 50. — Développé : Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington; vol. XX, 1881, append. III). L'idée d'un effluve repoussé par le Soleil, suivant le prolongement du rayon vecteur, comme la queue des comètes, se trouve en germe dans une note de *Brorsen* (**ANn, XLIX, 1859, 219**) et a été développée par *Houzeau* (Ciel et Terre, loc. cit., plus haut sous le n° 2246).

A ces deux théories principales, on peut joindre diverses hypothèses, parfois bizarres, qui ont eu la Lumière zodiacale pour objet. Parmi les plus dignes d'attentention, il faut citer celle de *Jones,* qui plaçait cette Lumière dans l'orbite de la Lune (**AJS_2, XX, 1855, 138**). Nous mentionnerons en outre les suivantes.

J. N. De L'Isle se demande s'il ne s'agit pas d'un effet de contraste, produit à la bordure du cône d'ombre de la Terre (**Paris, H & M, 1715, 166**). *Hutton* voit dans la Lumière zodiacale une matière subtile, analogue à celle qui compose la queue des comètes (Physical and mathematical dictionary, 2 vol. 4°, London; vol. II, 1796, p. 627); *Bode* dit une matière éthérée, brillant par elle-même (**BaJ, 1825, 189, note ***). *J. B. Biot* croit que cette Lumière provient d'un essaim de météorites (**Paris, Crh, III, 1836, 666**); et *Brewster* est tenté d'y trouver le sillage visible de notre globe, dans son passage à travers l'éther (North British Review, 8°, Edinburgh; vol. IV, 1845, p. 227).

Dans ces derniers temps, *Marco* a essayé d'expliquer la Lumière zodiacale par le courant d'Ampère, engendré sous l'influence du Soleil électrisé (**Roma, Att'_2, III, 1876, 856**. — Comparez : **Torino, Att, XII, 1877, 424**).

CHAPITRE XIII.

LA LUNE.

—

Les noms divers par lesquels un grand nombre de peuples de l'Amérique et de l'Asie désignent la Lune, ont été réunis par *A. de Humboldt,* dans son Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, 12 vol. 8° et atlas 4°, Paris; t. VII, 1824, note A à la fin du liv. VII, p. 361.

§ 207. MONOGRAPHIES POPULAIRES.

Indépendamment des descriptions scientifiques, pour la plupart détaillées, dont nous parlerons plus loin, on a publié un grand nombre de monographies populaires de la Lune. Nous citons plus bas les plus importantes. Il faut mentionner auparavant le curieux et intéressant traité que l'antiquité nous a laissé, sur les apparences de la Lune. Nous voulons parler de l'ouvrage grec de

2253. **Plutarchus.** De facie in orbe Lunae. [IIe siècle].

Cet écrit est reproduit dans toutes les œuvres complètes de *Plutarque. Képler* en a fait une version latine, qui est insérée dans ses œuvres (**Keplerus, Opa, VIII, 1870, 76**).

Les principales monographies modernes sont les suivantes :

2254. **Schubert, F. T.** Der Mond.

Dans ses Vermischte Schriften, 7 vol. 8°, Leipzig; vol. II, 1823, p. 122.

2255. **Littrow, J. J.** Mond.

Dans le *Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. VI, 1837, p. 2342.

2256. **Bessel, F. W.** Ueber den Mond [1838].

Dans ses Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände, 8°, Hamburg, 1848; p. 601.

2257. **Mädler, J. H.** Sonne und Mond; 8°, Leipzig, 1852.

Faisant partie de la collection : Unterhaltende Belehrungen.

2258. **Fleischauer, J. H.** Der Mond, eine Monographie nach den neuesten Ergebnissen astronomischer Forschungen; 8°, Langensalza, 1852. — 2e édit., 1854.

Formant la Vorlesung VII de la collection : Die Naturkräfte im Dienste des Menschen.

2259. **Arago, F.** La Lune. Arago, Ape, III, 1856, 375.

2260. **Schmidt, J. F. J.** Der Mond, ein Ueberblick über den gegenwörtigen Umfang und Standpunkt unserer Kentnisse von der oberflächengestaltung und Physik dieses Weltkörpers; 8°, Leipzig, 1856.

2261. **Lecouturier, C. H. & Chapuis, A.** La Lune, description et topographie; 18°, Paris, [1860].

2262. **Guillemin, A.** La Lune; 12°, Paris, 1866. — 3e édit., 1870.

2263. **Delaunay, C.** La Lune, son importance en astronomie. Paris, ABL, 1868, 439, 492.

2264. **Proctor, R. A.** The Moon, her motions, aspect, scenery and physical condition; 8°, London, 1873. — 2e édit., 1878.

Avec trois photographies de la Lune par *Rutherfurd.*

2265. **Opelt, O. M.** Der Mond, populäre Darstellung der Verhältnisse und Erscheinungen, welche von diesem Korper bekannt sind; 8°, Leipzig, 1879.

Pour les ouvrages qui concernent la Lune, publiés jusque vers le milieu du siècle dernier, on possède la bibliographie de

2266. **Frobesius, J. N.** Bibliographia selenographorum nominalis; 4°, Helmstadii, 1747.

§ 208. PHASES ET VISIBILITÉ.

L'explication des phases par l'opacité de la Lune et l'éclairement provenant du Soleil, remonte à une haute autiquité. On voit dans *Plutarque* (*Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 28; De facie in orbe Lunae [G], cap. 25, 45) qu'au — VI[e] siècle, *Thalès* et *Anaximandre* l'enseignaient. Elle faisait aussi partie du corps de doctrines astronomiques de *Pythagore* (*Gruppe,* Die kosmischen Systeme der Griechen, 8°, Berlin, 1851; p. 50). *Cicéron* l'a présentée avec détails (*Cicero,* De natura deorum [L], lib. I, cap. 31).

La proportion de lumière des diverses phases lunaires est calculée dans :

Lambert, Photometria, 8°, Augustae Vindelicorum, 1760; part. VI, cap. 1, p. 471.

Et dans :

Zöllner, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 33.

Tous les peuples sont familiers avec la visibilité de la Lune en plein jour. On la distingue encore dans le crépuscule, lorsqu'elle est réduite à une faucille extrêmement étroite. Suivant *Képler* (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. VI, art. xj, p. 257. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 291**), on peut la voir au temps même de la conjonction, lorsque sa latitude atteint 5°.

Hevelius (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani. 1647; p. 276, 408) ne l'a jamais aperçue, aux environs de la néoménie, que 40^h au moins, le soir, après la conjonction, ou 27^h au plus, le matin, avant cet instant.

Dans des temps plus récents, *J. Schmidt,* observant sous le beau climat de la Grèce, a vu la Lune, le soir, 25^h à 26^h après la conjonction (**ANn, LXXI, 1868, 201**).

Arago juge que la teinte de la Lune est jaune. Quand nous regardons son disque pendant le jour, le bleu du ciel s'y superpose, et alors elle nous paraît blanche (*Arago,* note manuscrite communiquée dans **Humboldt, Kos, III, 1851, 539** (**Cos, III, 1852, 707**)) Mais *Babinet* dit que la Lune est blanche. Si elle nous paraît jaune ou même orangée, c'est, ajoute-t-il, un effet de contraste, causé par le bleu du ciel. En présence de la lumière du gaz, elle prend une teinte bleuâtre, complémentaire de la nuance rougeâtre des flammes de gaz (*Babinet,* Études et lectures sur les sciences d'observation, 8 vol. 12°, Paris; vol. V, 1858, p. 246).

Le plaisir de fêter l'apparition de la Lune nouvelle a quelque chose de si naturel, pour les peuples qui vivent en plein air, qu'on retrouve cette réjouissance chez un grand nombre de nations des deux grands continents et de l'Océanie. On peut consulter à cet égard l'article « Néoménie, » dans l'Encyclopédie méthodique, sciences mathématiques; 3 vol. 4°, Paris, 1784; ainsi que **Lalande, Ast$_2$, II, 1771, 185** et **Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 147.** On y voit que la fête de la Lune nouvelle était célébrée chez les Éthiopiens, les Égyptiens, les Sabéens, les Hébreux, les Grecs, les Romains, les Gaulois. On la retrouve, dans les temps modernes, chez les Péruviens, les Caraïbes, les Turcs, les Persans, les Chinois, les Tahitiens. A cette énumération, justifiée dans les articles cités par l'indication détaillée des sources, il faudrait ajouter des nations nègres de l'Afrique (*Pritchard,* Researches into the physical history of mankind, 3e édit., 5 vol. 8°, London; vol. II, 1837, p. 369).

Si nous prenons les divers peuples dans l'ordre géographique, nous formerons le tableau suivant des images que le vulgaire se figure apercevoir dans la Lune :

En Chine : un lapin qui pile du riz (*Libri,* Histoire des sciences mathématiques en Italie, 4 vol. 8°, Paris; vol. I, 1838, p. 229).

Dans l'Inde : un lièvre ou un chevreuil (**Humboldt, Kos, III, 1851, 539 (Cos, III, 1852, 708)**).

En Perse : le reflet du pays (**Humboldt, Kos, II, 1847, 440 (Cos, II, 1848, 524)**).

Dans la Grèce ancienne : un visage de jeune fille (*Plutarchus,* De facie in orbe Lunae [G], cap. 1).

En Allemagne, d'après *Képler* (Dissertatio cum nuncio sidereo, 4°, Pragae, 1610; in init. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859; voir p. 491**), l'empereur Rodolphe II y voyait une image de l'Italie.

En Angleterre, *Shakespere* parle plusieurs fois d'un homme, auprès duquel sont un chien et un buisson (Midsummer-night's dream, 1590, act. v, sc. 1. — Tempest, 1611, act. II, sc. 2).

Comme rapprochement de l'image chinoise, il est piquant de remarquer que, chez les Aztèques, il y avait un mythe concernant l'existence de Tochtli, un lapin, dans la Lune (*W. Bollaert,* dans son mémoire : Some account of the astronomy of the red man of the New World, inséré aux Memoirs read before the Anthropological Society of London, 8°, London; vol. I, 1865; voir p. 217.)

§ 209. LUMIÈRE CENDRÉE.

La lumière cendrée de la Lune a dû être remarquée par les premiers peuples observateurs. Dans l'antiquité, *Posidonius* a tenté de l'expliquer, en disant que la lumière passe en partie à travers le corps de l'astre, comme elle passerait à travers un nuage (*Cleomedes,* Cyclica theoria meteoron [G], lib. II, cap. 4).

Au XIII[e] siècle, *Vitello* parle de la lumière cendrée, pour l'attribuer également à une translucidité du globe de la Lune, qui laisserait passer une petite partie de la lumière dont le Soleil l'éclaire par derrière (*Risnerus,* Opticae thesaurus, fol., Basileae, 1572; Vitellonis libri X, lib. IV, theor. 77). Au XVI[e], *Reinhold* la regarde comme une propriété intrinsèque, une sorte de phosphorescence de l'astre (*Purbacchius,* Theoricae novae planetarum... illustratae scholiis ab. *E. Reinholdo;* édit. 8°, Vitembergae, 1542, p. 240). Mais, vers le même temps, Léonard *de Vinci* l'avait expliquée en recourant à l'éclat jeté sur la Lune, par la Terre, fortement éclairée du Soleil (*Venturi*, Essai sur les ouvrages de Léonard de Vinci, 4°, Paris, 1797; p. 11).

Maestlin arriva, de son côté, à la même déduction, qu'il publia d'abord dans un ouvrage aujourd'hui excessivement rare, resté inconnu à *Lalande* (*Moestlinus,* Disputatio de eclipsibus Solis et Lunae, 4°, Tubingae, 1596; thes. XXI). Alors cette opinion fut successivement adoptée par *Képler* (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; p. 254. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 288.** = Aussi : **Keplerus, Epi, fasc. III, 1622, 852.** — Reproduit : **Keplerus, Opa, VI, 1866, 485**) et par *Galilée* (*Galileus,* Sidereus nuncius, 4°, Venetiis, 1610, p. 15. — Reproduit : **Galilei, Ope,** édit. 8° de Milan; t. IV, 1810, p. 525; édit. 8° de Florence, **III, 1843, 75.** = Aussi : *Galilei,* Dialogo intorno ai due sistemi massimi del mondo, 4°, Fiorenza, 1632; part. I. — Reproduit : **Galilei, Ope,** 8°, Firenze, **I, 1842, 76**).

T. Brahé avait préféré cependant attribuer la lumière cendrée à l'éclat jeté sur la Lune par la planète Vénus (**Braheus, AiP, 1602,** lib. II. — Cité par *Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, cap. VI, n° 10; reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 289**).

La lumière cendrée se montre dès que la Lune nouvelle paraît en croissant; elle est au maximum, d'après *Schroeter* (Selenotopographische Fragmente, 2 vol. 4°, Göttingen; vol. I, 1791, § 14, p. 45), trois jours après la néoménie. Cet astronome l'a encore vue, au télescope, trois jours après le premier quartier; tandis qu'*Hévélius* (Selenographia déjà citée, p. 291) la perdait un jour après la quadrature.

Elle reparaît dans le décours, et les observateurs, depuis *Galilée* (Dialogo déjà cité, part. I. — Reproduit : **Galilei, Ope, I, 1842, 111**), s'accordent à dire qu'elle est alors plus vive que dans le croissant. La raison en est, d'après ce savant illustre, que la partie de notre globe qui éclaire la Lune pendant le décours, est surtout la partie continentale, composée de l'Asie, de l'Europe et de l'Afrique; tandis que, pendant le croissant, l'éclairement provient des océans, interrompus seulement par le continent

étroit d'Amérique. Mais *Hevelius* fait remarquer (Selenographia, p. 399) que le sol de la Lune est moins réfléchissant dans la portion orientale du disque qu'il ne l'est dans la portion occidentale; la différence d'éclat entre les deux phases de la lumière cendrée pourrait provenir de cette circonstance.

Laugier a fait, d'après les instructions d'*Arago*, des expériences photométriques, pour comparer l'éclat, à surface égale, de la lumière cendrée ou secondaire et de la lumière primaire de la Lune. L'éclat de la partie brillante de l'astre étant pris pour unité, il a trouvé pour l'éclat de la lumière cendrée (Arago, OEu, X, 1858, 294):

Dans le croissant . . . . . . $\frac{1}{7\ 030}$,

Dans le décours . . . . $\frac{1}{4\ 000}$.

Connaissant les dimensions et les distances des astres, on peut déterminer théoriquement la proportion de lumière qui constitue la lumière cendrée de la Lune. Toutefois, pour faire accorder ce calcul avec l'observation, il serait nécessaire de connaître exactement l'albédo des surfaces réfléchissantes. On trouve les formules dans

2267. **Duséjour, D.** Détermination de l'intensité de la lumière cendrée.

Dans son Traité analytique des mouvements apparents des corps célestes, 2 vol. 4°, Paris; vol. I, 1786, p. 695, formant le chap. 6 du liv. III.

On possède quelques observations sur la teinte de la lumière cendrée. En 1774, *Lambert* (Berlin, Mem$_1$, 1775, 42) la trouvait d'un vert olivâtre, qu'il attribuait au reflet des grandes forêts de l'Amérique du Sud. Mais *Arago* fait remarquer qu'il faut, dans ces observations, se défier du défaut d'achromatisme de la lunette, et tenir compte du contraste avec le bleu de l'atmosphère (Arago, Apc, III, 1856, 482).

Klein a toujours trouvé la lumière cendrée d'un vert grisâtre (WfA, XII, 1869, 14), dans un télescope achromatique. *Possner* la voit bleuâtre dans un chercheur de comètes, qui lui permet de distinguer, dans cette lumière, les principales taches du disque; en approchant du centre, cette teinte bleue tire sur le gris. Mais à l'œil nu, il trouve la lumière cendrée franchement bleue (ANn, LXXXVIII, 1876, 279).

§ 210. MOUVEMENT DE CIRCULATION.

Les mouvements de la Lune, dit *Pline* (Historia naturalis [L], lib. II, cap. 9), sont, de tous les mouvements célestes, les plus difficiles à représenter. Indépendamment de la vitesse angulaire moyenne, il fallait tenir compte de plusieurs inégalités, qui se développent suivant des arguments différents. La plus importante, l'équation du

centre, a été connue la première. Elle était déjà évaluée numériquement par *Hipparque* (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 7). C'était la prostaphérèse, « prostaphaeresis » proprement dite.

L'évection fut découverte, en l'an 138, par *Ptolémée* (ibid., lib. v, cap. 1), qui l'appelle « prosneusis. » Elle fut désignée successivement sous les noms de « prostaphaeresis secundi epicycli » [*Copernic*], « prostaphaeresis excentricitatis » [*T. Brahé*], « aequatio temporanea » [*Képler*], et enfin « evectio » [*Boulliau*] (Bullialdus, Aph, 1645, lib. III).

Il semble que la Variation ait été connue d'*Aboul-Wéfa*, en 980 (*L. A. Sédillot*, dans le Nouveau journal asiatique, 8°, Paris; t. XVI, 1835, p. 436). Cette assertion a été, il est vrai, vivement contestée par *J. B. Biot* (JdS_3, 1843, 513...; 1844, 640; 1845, 149); mais elle a été vigoureusement défendue par *L. A. Sédillot* (Paris, Crh, XVII, 1843, 163; XVIII, 1844, 48). En tout état de cause, *Brahé* en reconnut l'existence en 1601 (Braheus, AiP, 1602, addition posthume de 1610 entre les p. 112 et 113. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 87). Cette inégalité fut appelée d'abord « aequatio perpetua » et « variatio » [*Képler*], « variatio » et « reflectio » [*Boulliau*].

T. Brahé avait entrevu l'équation annuelle (*Bertrand,* Les fondateurs de l'astronomie moderne, 8°, Paris, s. d.; p. 94). Mais ce fut *Képler* qui la mit en évidence, et qui lui donna le nom qu'elle porte encore, « aequatio annua » (*Keplerus* & *Berneggerus,* Epistolae mutuae, 12°, Argentorati, 1672; p. 72. — Reproduit : Keplerus. Opa, VI, 1866, 618).

Outre les inégalités du mouvement dans l'orbite, il fallait également considérer le déplacement progressif de celle-ci. *Ptolémée,* au IIe siècle, connaissait déjà le mouvement direct de la ligne des apsides, et le mouvement rétrograde de la ligne des nœuds, dont il avait même mesuré la vitesse (Ptolemaeus, MCo. lib. IV, cap. 2, 5, 8).

On tenait compte d'une manière empirique de ces différentes corrections, lorsqu'en 1638, *Horrocks* étendit à la Lune la théorie elliptique que *Képler* avait fait prévaloir pour les planètes. Ses idées à cet égard ne furent pourtant publiées qu'en 1672, peu de temps, par conséquent, avant l'apparition des Principia de *Newton* (*Horroccius,* Novae theoriae lunaris... explicatio, dans son Astronomia Kepleriana, 4°, Londini, 1672. — Reproduit dans ses Opera posthuma, 4°, Londini, 1673; p. 465).

L'inclinaison du plan de l'orbite lunaire sur l'écliptique était connue de *Pythagore,* au — VIe siècle (*Diodorus siculus,* Bibliotheca historica [G], lib. I, cap. 48, 98; *Plutarchus,* De creatione animae [G], cap. 45). Au XIIIe siècle, *Aboul Hhassan* trouva qu'elle est plus grande dans les quadratures que dans les syzygies (*Aboul Hhassan,* traduit par *J. J. Sédillot,* Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1834, ch. V. — Comparez : *L. A. Sédillot,* dans Paris, Crh, XIX, 1844, 1027). *T. Brahé* expliqua cette différence, ainsi que l'inégalité du nœud, par une libration dans un cercle d'un rayon de $9\frac{1}{2}'$ autour du pôle de l'orbite (Braheus, AiP, 1602, 126. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 89).

———

Nous allons réunir ci-dessous les principales données numériques relatives à l'orbite de la Lune, troublée par le Soleil. Il y a dans ces tableaux des quantités qui restent en blanc, et qui cependant figurent dans les autorités citées. Ce sont celles que les auteurs s'étaient contentés de transcrire, sans les discuter à nouveau ou les calculer. Il aurait été dangereux de les confondre avec les nombres déterminés directement.

Valeurs attribuées aux éléments du mouvement de la Lune, dans l'orbite troublée.

Mouvement en 100 ans juliens			Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Équation annuelle.	Inclinaison.
De la longitude moyenne. 1336e 307° +	du périgée. 11e 109° +	du nœud. − 5e 134° −					
—3101? Les Hindoux. (*Bailly,* Traité de l'astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 97.)							
49′ 53″	5′ 30″	21′ 2″	5° 1′	»	»	»	5°
+ 140. Ptolémée. (Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 3, 6, 11.)							
21′ 54″	-8° 22′	31′ 8″	6° 20′ 30″	1° 19′ 30″	»	»	5° 0′
IIe siècle. Théon de Smyrne. (Eorum quae in mathematicis ad Platonis lectionem utilia sunt expositio; 4°, Lutetiae, 1644.)							
»	»	»	»	»	»	»	6°
850. Iahia ebn Aboumansour. (*Caussin,* Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216).							
53′ 9″	»	+4′ 30″	»	»	»	»	5° 0′
880. Albategnius. (De motu stellarum [A], cap. 30.)							
»	»	»	7° 40′	»	»	»	5° 15′
1000. Ebn Iounis. (*Caussin,* Le livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216.)							
46′ 45″	»	13′ 22″	»	»	»	»	4° 48′
1252. Alphonsus. (Coelestium motuum tabulae; 4°, Venetiis, 1483.)							
48′ 58″	6′ 46″	9′ 16″	»	»	»	»	»
1346. Chrysococca. (*Bailly,* Traité de l'astronomie indienne, 4°, Paris, 1787; p. 156.)							
47′ 54″	17′ 57″	11′ 9″	5° 1′ 0″	»	»	»	»

Mouvement en 100 ans juliens			Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Equation annuelle.	Inclinaison.
De la longitude moyenne. 1336^{c} 307° +	du périgée. 11^{c} 109° +	du nœud. — 5^{c} 134° —					
1457. ULUG-BEG. (Ibid.)							
54′ 29″	28′ 21″	6′ 16″	4° 59′ 58″	»	»	»	»
1525. COPERNIC. (**Copernicus, Rev, 1543, lib.** IV.)							
47′ 39″	16′ 40″	12′ 0″	6° 18′	1° 22′	»	»	4° 59′ 30″
1602. T. BRAHÉ. (**Braheus, AiP, lib.** I, **p. 126.**)							
50′ 6″	19′ 41″	9′ 41″	»	1° 15′	37′ 6″	»	5° 7′ 53″
1622. LONGOMONTANUS. (Astronomia danica; fol., Amsterodami.)							
48′ 58″	17′ 58″	11′ 31″	6° 19′ 28″	1° 21′ 0″	»	»	5° 8′ 0″
1627. KÉPLER. (*Keplerus,* Tabulae rudolphinae; fol., Ulmae.)							
48′ 51″	14′ 16″	11′ 7″	6° 15′ 0″	1° 15′ 0″	»	»	5° 9′ 0″
1631. LANSBERG. (*Lansbergius,* Uranometria, 4°, Middelburgi, lib. I.)							
48′ 28″	8′ 57″	11′ 11″	6° 19′ 22″	1° 20′ 38″	»	»	5° 8′ 0″
1644. WENDELIN. (*Wendelinus,* Luminarcani, 4°, Antuerpiae; tabulae atlanticae idea, p. 29.)							
48′ 7″	21′ 0″	11′ 46″	6° 15′ 0″	1° 15′ 0″	»	»	»
1645. BOULLIAU. (**Bullialdus, Aph, lib.** III, **cap. 6.**)							
48′ 36″	18′ 30″	12′ 17″	6° 14′ 59″	1° 15′ 0″	»	»	4° 58′ 30″
1651. RICCIOLI. (**Ricciolus, Alm, I, 255, 280.**)							
50′ 6″	18′ 5″	9′ 44″	6° 15′ 30″	1° 14′ 30″	«	»	5° 9′ 0″
1672. HORROCKS. (*Horroccius,* Astronomia Kepleriana; 4°, Londini. — Opera posthuma, Londini, 1673; p. 473.)							
48′ 51″	4′ 16″	11′ 7″	»	»	»	11′ 16″	»

Mouvement en 100 ans juliens — De la longitude moyenne. 1336ᵉ 307° +	du périgée. 11ᵉ 109° +	du nœud. — 5ᵉ 134° —	Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Equation annuelle.	Inclinaison
1687. Flamsteed. (Newtonus, PPm, lib. III. — Reproduit : Le Monnier, Ins, 1746; ch. x.)							
50′25″	11′15″	11′15″	6°18′43″	1°18′50″	40′34″	11′49″	5°40′ 0″
1687. Lahire. (Tabulae astronomicae, pars Ia; 4°, Parisiis.)							
50′ 1″	14′16″	11′ 7″	»	»	»	11′ 9″	5° 1′30″
1719. Halley. (*Halleius,* Tabulae astronomicae; 4°, Londini, 1740.)							
50′25″	11′15″	11′15″	6°21′ 0″	1°22′24″	35′10″	11′49″	4°59′55″
1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, liv. III.)							
49′52″	14′16″	11′ 5″	6°20′39″,5	1°21′55″,5	33′38″	9′44″	5° 9′ 0″
1745. L. Euler. (Novae et correctae tabulae ad loca Lunae computanda; 4°, Berolini.)							
»	»	»	6°18′18″	1°18′49″	»	11′20″	»
1752. T. Mayer. (Gotinga, Cii, II, 385.)							
52′20″	11′15″	11′15″	6°18′44″	1°20′34″	40′43″	11′20″	5° 8′52″
1754. Clairaut, par la théorie de la gravitation. (Tables de la Lune, 8°, Paris.)							
»	»	»	»	1°16′18″	39′54″	11′36″	»
1756. D'Alembert. (Recherches sur différents points importants du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1756, p. 29, 230. — Nova tabularum lunarium emendatio, 4°, Paris, 1756.)							
»	»	»	6°18′43″	1°18′18″	»	12′57″	»
1770. T. Mayer. (Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini.)							
53′35″	11′15″	11′15″	6°18′31″,6	1°20′34″	37′ 4″	11′16″	5° 8′48″,9
1787. Mason. (*Mayer's* lunar tables improved; 4°, London.)							
»	»	»	6°17′38″,0	1°20′28″,4	35′41″,1	11′ 8″,6	5° 8′40″,9
1802. Triesnecker. (BaJ, 1805, 145.)							
52′46″,8	3′ 2″,7	11′59″,7	6°17′35″,6	1°20′28″,4	35′42″,8	11′11″,6	5° 8′40″,3

Mouvement en 100 ans juliens							
De la longitude moyenne. 1336^c 307° +	du périgée. 11^c 109° +	du nœud. − 5^c 134° −	Plus grande équation du centre.	Évection.	Variation.	Équation annuelle.	Inclinaison.
1806. Bürg. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)							
52′ 43″,48	3′ 25″,71	9′ 42″,0	6° 17′ 19″,4	1° 16′ 32″	39′ 33″,1	11′ 11″,8	5° 8′ 45″,8
1812. Burckhardt. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)							
52′ 53″,5	3′ 48″,2	10′ 1″,2	6° 17′ 19″,7	1° 16′ 27″,0	39′ 33″,4	11′ 13″,3	5° 8′ 42″,1
1826. Carlini. (Osservazioni della Luna, 8°, Milano.)							
»	»	»	6° 18′ 30″,3	»	»	»	»
1828. De Damoiseau. (Tables de la Lune; fol., Paris.)							
52′ 41″,6	2′ 46″,6	9′ 57″,5	6° 17′ 35″,7	1° 16′ 28″,6	39′ 30″,0	11′ 13″,1	5° 9′ 0″,25
1832. Plana. (Théorie de la Lune; 3 vol. 4°, Turin; t. I.)							
53′ 10″,3	»	»	6° 17′ 37″,6	1° 16′ 25″,6	39′ 30″,3	11′ 8″,6	5° 8′ 45″,9
1846. De Pontécoulant. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; vol. IV.)							
»	»	»	»	1° 16′ 27″,0	39′ 30″,8	11′ 8″,9	»
1853. Peirce. (Tables of the Moon; 4°, Washington.)							
»	»	»	6° 17′ 35″,2	1° 16′ 27″,4	39′ 31″,0	11′ 10″,3	5° 8′ 20″,0
1857. Hansen. (Tables de la Lune; 4°, Londres.) Dans la manière de calculer de *Hansen*, les termes principaux de l'évection, de la variation et de l'équation annuelle ne dépendent pas tout à fait du même argument que dans la méthode usuelle.							
53′ 39″,61	3′ 2″,46	8′ 59″,61	6° 18′ 12″,5	1° 14′ 27″,02	35′ 43″,01	10′ 57″,52	5° 8′ 39″,96
1861. Airy. (London, MAS, XVII, 1849, 35; XXIX, 1861, 1.)							
43′ 20″,95	3′ 57″,4	8′ 14″,2	6° 17′ 19″,06	1° 16′ 27″,01	39′ 30″,7	11′ 9″,0	5° 8′ 55″,55
1867. Delaunay. (CdT, 1869, 3.)							
»	»	»	»	1° 16′ 26″,22	39′ 29″,74	11′ 8″,91	5° 8′ 41″,7
1878. Newcomb. (Washington, Obs_2, 1875; app. II.)							
53′ 10″,44	»	»	»	»	»	»	»

§ 211. THÉORIE ET TABLES.

Indépendamment des grandes inégalités dont nous avons parlé au § précédent, le mouvement vrai de la Lune ne peut être établi qu'en tenant compte d'un grand nombre de petites équations, dépendant d'arguments variés. La première théorie de ces petites équations a été donnée par *Newton;* elle a paru d'abord dans le traité de *D. Gregory,* Astronomiae physicae et geometricae elementa, fol., Oxonii, 1702 (lib. IV, prop. 29), réimprimé à Genève en 1726, en 2 vol. 4° (voir t. II, p. 595). Elle a été reproduite, avec des développements et accompagnée de tables, dans l'ouvrage de *Whiston,* Praelectiones astronomicae, 8°, Cantabrigae, 1707. Enfin *Newton* l'a publiée de nouveau dans la seconde édition de ses Principia qui est, comme on sait, de 1713 (voir § 111, n° 1393). Ce travail contient le calcul de huit inégalités.

Nous avons cité au § 115 les principales recherches auxquelles la théorie de la Lune a donné lieu. Il suffira d'indiquer ici les ouvrages les plus recommandables dans lesquels on trouvera le calcul numérique des inégalités.

Rappelons d'abord, pour mémoire, la Theoriae motuum Lunae nova methodo pertracta, de *L. Euler,* déjà citée au § 115, sous le n° 1513, qui a paru en 1772. Dans cet ouvrage, l'auteur aborde le calcul détaillé des inégalités de la Lune. Il détermine 21 équations pour la longitude, autant pour le rayon vecteur, et 16 pour la latitude. Les calculs numériques ont été faits par *J. A. Euler, W. L. Kraft* et *J. A. Lexell.*

Nous mentionnerons ensuite :

2268. Laplace, P. S de. Théorie de la Lune. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VII.

2269. Triesnecker, F. v. P. Aequationes longitudinis et latitudinis Lunae ex occultationibus fixarum castigatae. Gotinga, Ces_2, XV, 1803, 29, 47.

2270. Damoiseau, M. C. T. de. Mémoire sur la théorie de la Lune. Paris, Mpr_3, I, 1827, 317. — Comparez : Tables de la Lune, fol., Paris, 1828; introd., p. j-iij.

Dans les Mémoires présentés, les valeurs numériques des inégalités sont à la p. 563.

2271. Plana, J. Expression de la longitude vraie de la Lune en fonction de sa longitude moyenne; parallaxe horizontale de la Lune; latitude de la Lune en fonction du temps.

Dans sa Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; vol. I, 1832, p. 618, 645, 717.

2272. **Schubert, F. T.** Théorie de la Lune.

Dans son Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; t. III, 1834, p. 428.

2273. **Pontécoulant, G. de.** Théorie du mouvement de la Lune autour de la Terre.

Dans sa Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, 1846, p. 3. Ce travail occupe le volume entier. Les expressions numériques sont p. 599-613.

2274. **Hansen, P. A.** [Inégalités du mouvement de la Lune.]

Dans ses Tables de la Lune, 4°, Londres, 1857; p. 5-15.

2275. **Delaunay, C.** Expressions numériques des trois coordonnées de la Lune. **CdT, 1869, 3.**

Les coefficients numériques des termes sont p. 11-32.

Il demeure quelque incertitude sur certaines équations, tandis que d'autres ne paraissent encore connues que par des discussions empiriques. Les principaux travaux à consulter, pour connaître toutes les difficultés de la représentation numérique des mouvements de la Lune, sont les suivants :

2276. **Longstreth, M. F.** On the accuracy of the tabular longitude of the Moon, to be obtained by the construction of new lunar tables. Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series; vol. X, 1853, p. 225.

2277. **Lubbock, J. W.** On the lunar theory. **London, MAS, XXX, 1862, 1.**

Il y a une récapitulation p. 37.

2278. **Newcomb, S.** Researches on the motion of the Moon. **Washington, Obs_2, 1875, app. II.**

Parmi les petites équations de la longitude lunaire, l'une des plus importantes est celle qu'on appelle parallactique, parce qu'elle dépend de la distance à laquelle le système Terre-Lune se meut du Soleil, et qu'elle peut servir, par conséquent, à calculer la parallaxe de ce dernier astre. *Mason* fut le premier à l'introduire dans les

tables (*Mayer's* lunar tables improved, 4°, London, 1787). Voici les valeurs numériques qui ont été assignées à cette équation par différentes discussions soignées :

Valeurs attribuées à l'équation parallactique de la Lune.

1787.	MASON. (Mayer's Tables of the Moon improved; 4°, London.) . . .	2′ 3″,5
1802.	TRIESNECKER. (BaJ, 1805, 145.)	2 2,5
1806.	BÜRG. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	2 2,378
1812.	BURCKHARDT. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	2 3,5
1826.	BÜRG. (ANn, IV, 24.)	2 1,954
1828.	DE DAMOISEAU. (Tables de la Lune; fol., Paris.).	2 2,48
1832.	PLANA. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 624.)	2 2,110
1857.	HANSEN. (Tables de la Lune, 4°, Londres; p. 8.).	2 1,36
1861.	AIRY. (London, MAS, XXIX, 16.)	2 4,7
1867.	DELAUNAY. (CdT, 1869, 40.).	2 4,59
1868.	E. J. STONE. (London, MNt, XXVIII, 24.)	2 5,36
1878.	NEWCOMB. (Washington, Obs$_2$, 1875, append. II, p. 24.) . . .	2 5,46
1881.	CAMPBELL & NEISON. (London, MTt, XLI, 263.).	2 4,7
1882.	E. J. STONE, par les observations de Greenwich à l'altazimuth. (London, MNt, XLII, 53.)	2 5,2
1882.	E. J. STONE, par les observations méridiennes de Greenwich. (London, MNt, XLII, 66.)	2 5,26

Les expressions des coordonnées de la Lune ont été fréquemment réduites en tables. Les différents travaux entrepris à ce sujet ont accusé des progrès constants et fort remarquables, sans qu'on soit encore parvenu cependant à représenter les mouvements de notre satellite avec toute l'exactitude sur laquelle il est permis de compter, par exemple, pour le Soleil.

La Lune figurait dans toutes les tables générales dont nous avons parlé au § 156. Elle fait l'objet de calculs spéciaux dans les publications dont les titres suivent :

2279. **Flamsteed, J.** Lunar tables.

Dans *J. Moore,* A new system of the mathematicks, 2 vol. 4°, London, 1681. — Ces tables ont été réimprimées par les soins de *Le Monnier,* 4°, Paris, 1746.

2280. **Horrebow, P$_1$.** Tabulae lunares absque observationibus. *Francke, J.C.*, Bibliotheca novissima observationum et recensionum, 4°, Hallae Magdeburgensis; année 1718.

2281. **Halley, E.** Tabulae lunares [1719], dans ses Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1740.

Bien que ces tables appartiennent à l'un des recueils généraux mentionnés au § 156, nous avons cru devoir les reprendre ici, parce qu'elles sont le résultat de recherches spéciales très-soigneuses.

2282. **[Grammaticus, N.]** Tabulae lunares ex theoria et mensuris Isaaci Newtoni; 4°, Ingolstadii, 1726.

2283. **Leadbetter, C.** Tables of the Moon.

Dans son ouvrage : A complet system of astronomy; 2 vol. 8°, London, 1728. — Tirées aussi séparément avec la date de 1729. — Réimprimées dans son Uranoscopia; 8°, London, 1735.

2284. **Wright, R.** New and correct tables of the lunar motions, according to the newtonian theory; 4°, London & Manchester, 1732.

2285. **Capelli, A.** Tabulae lunares; dans son Astrosophia numerica, 2 vol. 4°, Venetiis; vol. I, 1733.

2286. **Dunthorne, R.** Tables of the Moon; dans son ouvrage The practical astronomy of the Moon; 8°, Cambridge, 1739.

2287. **Cassini, J.** Tables des mouvements de la Lune; dans ses Tables astronomiques, 4°, Paris, 1740; p. 22.

Ces tables font partie d'un des recueils généraux cités au § 156; mais les éléments sur lesquels elles reposent ont fait l'objet d'une discussion toute spéciale.

2288. **Euler, L.** Novae et correctae tabulae ad loca Lunae computanda; 4°, Berolini, 1745.

Reproduit dans ses Opuscula varii argumenti, 3 vol. 4°, Berolini; vol. I, 1746. Aussi dans *Kies, J.*, Astronomisches Jahrbuch für 1750; 8°, Berlin, 1750. Ce sont ses premières tables, beaucoup moins complètes que celles de 1772 (voir plus loin, n° 2296).

2289. **Mayer, T.** Novae tabulae motuum... Lunae. **Gotinga, Cii, II, 1752,** 383. — Reproduit : **CdT, 1761, 121.** Aussi : **EpV, 1764,** app. Aussi : ***Rochon, A. M. de,*** Opuscules mathématiques, 8°, Paris, 1868; à la fin.

2290. **Clairaut, A. C.** Tables de la Lune calculées suivant la théorie de la gravitation universelle; 8°, Paris, 1754.

2291. **Loys de Chescaux, J. P. de.** Tables de la Lune; dans ses Mémoires posthumes, 4°, Lausanne, 1754.

2292. **Alembert, J. L. d'.** Nova tabularum lunarium emendatio; 4°, Parisiis, 1756. — Reproduit dans ses Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris; tom. II, 1762. — Revu tom. IV, 1768, p. 367.

2293. **Clairaut, A. C.** Tables de la Lune calculées suivant la théorie de la gravitation universelle; 2e édit., 8°, Paris, 1765. — Reproduit dans *Martin, B.*, Institutions of astronomical calculations, 2 part. 8°, London; part. I, 1765.

2294. **Cowper, S.** Tabulae dunelmenses, lunar tables; dans son ouvrage intitulé : A treatise on the parallactic angle; 4°, London, 1766.

2295. **Mayer, T.** Tabulae motuum Solis et Lunae, quibus accedit methodus longitudinum; 4°, Londini, 1770. — Reproduit : **EpV**, 1772, app. Aussi : *Berliner Akademie,* Sammlung astronomicher Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 2. Aussi : **Lalande, Ast_3**, I, 1792.

Édition des tables de *Mayer,* revue par *Maskelyne.* Les éléments sont un peu différents de ceux de la première édition. Dans la reproduction des Éphémérides de Vienne, *Pilgram* a, pour la première fois, rendu toutes les équations additives, par une altération convenable des constantes.

2296. **Euler, L.** Novae tabulae lunares singulari methodo constructae; 8°, Petropoli, 1772. — Reproduit : **CdT**, 1786, 393.

C'est une édition séparée des tables qui ont paru en même temps dans la Theoria motuum Lunae du même auteur (voir § 115, n° 1313).

2297. **Mason, C.** *Mayer's* lunar tables improved; 4°, London, 1787. — Reproduit : **CdT**, 1786, 198 et 1790, 296. Aussi : **EpV**, 1794, app.

Voyez les corrections de ces tables indiquées par *Wurm* (**BaJ**, 1801, 187).

2298. **Triesnecker, F. d. P.** Tabulae lunares ad fidem occultationum fixarum conditae. **EpV**, 1803, 313.

2299. **Bürg, J. T.** Tables de la Lune; 4°, Paris, 1806.

Dans les Tables astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes.

2300. **Oltmanns, J.** Mondstafeln nach Bürgs Längengleichungen und de Laplace's Breiten- und Parallaxengleichungen. **BaJ, Sup, IV, 1808, 1.**

2301. **Zach, F. X. de.** Tables abrégées et portatives de la Lune; 8°, Florence, 1809.

2302. **Burckhardt, J. C.** Tables de la Lune publiées par le Bureau des Longitudes; 4°, Paris, 1812.

Ces tables sont devenues rares. Des errata ont été donnés par *Knorre* (**ANn, VII, 1829, 263**) et par *Clausen* (**ANn, XIX, 1842, 221**). Pendant près d'un demi-siècle, les tables de *Burckhardt* ont été considérées comme celles qui représentaient le mieux les mouvements de la Lune.

Ces tables ont été réduites au méridien de Coïmbre et réimprimées par les soins de *Feio, F. M. B.,* Taboas de Lua reduzidas de Burckhardt ao meridiano de observatorio de universidade de Coïmbra; 4°, Coïmbra, 1852.

2303. **Damoiseau, M. C. T. de.** Tables de la Lune formées par la seule théorie de l'attraction et suivant la division de la circonférence en 400 degrés; 4°, Paris, 1824. — Converties suivant la division sexagésimalede la circonference; fol., Paris, 1828.

Airy a donné dans sa Reduction of the observations of the Moon from 1750 to 1830, 2 vol. 4°, London, 1848, au vol. I, p. xliij-cxlvj, des tables destinées à remplacer une partie de celles de *Damoiseau.*

2304. **Hansen, P. A.** Tables de la Lune construites d'après le principe newtonien de la gravitation universelle; 4°, Londres, 1857.

Il faut avoir soin de consulter : *Hind,* J. R., Errata to Hansen's lunar tables; 8°, London, 1862.

2305. **Peirce, B.** Tables of the Moon; 4°, Washington, 1853. — 2e édit., 1865.

Ces tables sont principalement fondées sur les éléments des mouvements de la Lune déterminés par *Airy,* à la suite de la réduction des observations de Greenwich de 1750 à 1830.

On trouve dans les volumes annuels de la plupart des éphémérides modernes, des tables pour tenir compte des secondes différences, dans l'interpolation des coordonnées de la Lune. Ces différences n'étant pas toujours suffisantes, il est peut-être bon

de citer les tables de *Henderson*, qui permettent de prendre en considération les différences du troisième et au besoin du quatrième ordre. En voici le titre :

2306. **Henderson, T.** Tables of the third and fourth differences for interpolating the Moon's place.

Dans le Quarterly journal of science, literature, and the arts, 8°, London; vol. XIX, 1825, p. 287.

Indépendamment des tables générales de la Lune, il faut citer quelques tables, soit de la parallaxe, soit du demi-diamètre :

2307. **[Lalande, J. J. de].** Table générale des parallaxes [de la Lune]. **CdT, 1803, 431.**

2308. **Adams, J. C.** New tables of the parallax of the Moon. **NAl, 1856, app, 35.**

Ces tables sont destinées à remplacer celles de *Burckhardt*. Elles ont été réimprimées, sous la forme adoptée par ce dernier, dans l'ouvrage : *Feio, F. M. B.*, Novas taboas de parallaxe da Lua de J. C. Adams, reduzidas a mesma forma em que foram publicadas as taboas da Lua de Burckhardt; 4°, Coïmbra, 1854. Elles ont aussi été reproduites aux États-Unis d'Amérique, avec quelques modifications de *S. C. Walker*, par *Dobbin, J. C.*, Tables of the Moon's parallax; 4°, Washington, 1854.

2309. **Lambert, W.** Tables of the semidiameter of the Moon. **London, MAS, I, 1822, 243.**

Pour compléter cet article sur les éléments numériques des mouvements de la Lune, il nous reste à donner les époques de la longitude moyenne, du périgée et du nœud, d'après les tables ou les discussions les plus accréditées. Nous ne remonterons pas plus haut que les premières tables de *T. Mayer*. Les indications bibliographiques des différentes tables se trouvant dans les pages qui précèdent immédiatement, il serait superflu de les répéter ici.

Nous désignons par L la longitude moyenne, par Π celle du périgée, et par ☊ celle du nœud ascendant.

1752. T. MAYER.

Époque 1750; $0^j,0$ t. m. Paris.

L = 188° 16′ 53″
Π = 330 56 47
☊ = 280 19 9

1770. T. Mayer.

Époque 1750; 0j,0 t. m. Paris.

L = 188° 17′ 19″
Π = 330 35 51
☊ = 280 19 9

1787. Mason.

Époque 1750; 0j,0 t. m. Paris.

L = 188° 17′ 16″
Π = 330 54 53
☊ = 280 20 0

1802. Triesnecker.

Époque 1800; 0j,0 t. m. Paris.

L = 335° 38′ 25″,1
Π = 225 23 45,2
☊ = 33 15 7,6

1806. Bürg [après révision par *A. Bouvard*].

Époque 1800; 0j,5 t. m. Paris.

L = 342° 13′ 37″,4
Π = 225 26 19,7
☊ = 33 15 6,8

1812. Burckhardt.

Époque 1801; 0j,5 t. m. Paris.

L = 111° 36′ 37″,5
Π = 266 7 0,1
☊ = 13 54 58,7

1828. De Damoiseau.

Époque 1801; 0j,5 t. m. Paris.

L = 111° 36′ 42″,8
Π = 266 6 44,4
☊ = 13 54 54,2

1857. Hansen.

Époque 1800; 0j,0 t. m. Greenwich.

L = 335° 43′ 26″,70
Π = 225 23 53,06
☊ = 33 16 31,15

1861. Airy. (London, MAS, XXIX).

Époque 1801; 0j,5 t. m. Paris.

L = 111° 36′ 39″,8
Π = 266 6 44,9
☊ = 13 54 49,4

1878. Newcomb. (Washington, Obs$_2$, 1875; app. ii, p. 264).

Époque 1800; 0j,0 t. m. Greenwich.
L = 335° 43′ 30″,60

§ 212. ACCÉLÉRATION.

Halley ayant examiné, en 1693, les observations de la Lune d'*Albategnius,* crut qu'il serait nécessaire, pour les représenter, d'ajouter à l'expression de la longitude de l'astre, un terme dépendant du carré du temps (London, PTr, 1693, 193; 1695, 174). Cette opinion fut confirmée par *Dunthorne* (London, PTr, 1747, 412), et bientôt ne laissa plus de doutes.

Toutefois la cause de cette accélération demeura inconnue, jusqu'à ce que *Laplace* eût signalé (Paris, H & M, 1786, 235) dans la vitesse de notre satellite, l'altération qui doit résulter de la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre. La diminution de cette excentricité produit une accélération du moyen mouvement de la Lune, ainsi qu'une variation séculaire du périgée et du nœud. La valeur de l'accélération n'est pourtant pas aussi considérable que *Laplace* l'avait déduite de sa théorie. Nous avons rappelé au § 124, p. 297, comment *Delaunay* se montra disposé (Paris, Crh, LXI, 1865, 1025) à attribuer au ralentissement de la rotation de notre globe, la différence entre le chiffre théorique et le chiffre observé de l'accélération.

Nous allons rapporter les valeurs attribuées, tant par le calcul que par l'observation, aux variations séculaires de la longitude moyenne, de la longitude du périgée et de celle du nœud.

Valeurs attribuées aux variations séculaires de la Lune.

	Variation séculaire sidérale		
	de la longitude moyenne.	du périgée.	du nœud.
	+	—	+
1693. Halley, en comparant les observations modernes à celles d'*Albategnius.* (London, PTr, 1693, 193.)	10″,2	»	»
1749. Costard, par les éclipses de l'Almageste. (London, PTr, 1749, 162.).	10,011 2	»	»
1752. T. Mayer, par les observations anciennes. (Gotinga, Cii, II, 388.).	6,998	»	»
1757. J. J. de Lalande, par les éclipses d'*Ebn Iounis* de 977 et 978. (Paris, H & M, 1757, 411.).	9,886	»	»

	Variation séculaire sidérale		
	de la longitude moyenne.	du périgée.	du nœud.
	+	—	+
1770. T. Mayer, en reprenant la discussion des observations anciennes. (Tabulae motuum Solis et Lunae; 4°, Londini.)	9″,007 2	»	»
1787. Laplace, par la théorie. (Paris, H & M, 1786, 235.)	11,135	»	»
1802. Laplace, en combinant avec la théorie les anciennes éclipses d'*Ebn Iounis* et de l'Almageste. (Laplace, TMc, III, liv. VII, ch. j, n°s 15, 16.).	10,181 62	30″,9	7″,6
1802. F. T. Schubert, par la théorie. (Petropolis, NAc, XIII, 418.)	11,135	»	»
1806. Bürg, d'après les observations. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	10,5	43,7	6,4
1812. Burckhardt, d'après les observations. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	9,0	40,7	7,5
1822. Burckhardt, par une nouvelle discussion des observations. (CdT, 1824, 308.). . .	»	42	»
1826. Bürg, d'après les observations. (ANn, IV, 9.)	10,2	»	»
1827. De Damoiseau, par la théorie. (Paris, Mpr_3, I, 544.)	10,725 2	39,697 1	6,563 2
1832. Plana, par la théorie. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 606.)	10,580 0	40,312 9	6,829 9
1841. Hansen, théoriquement. (ANn, XIX, 1842, 196.), ...	10,580	36,220	6,830
1846. De Pontécoulant, par la théorie. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 591.).	10,631 2	40,611 5	6,731 0
1847. Hansen, en reprenant les calculs théoriques. (ANn, XXV, 328.).	11,47	36,31	»
1853. Adams, par la théorie. (London, PTr, 1853, 397.).	5,78	»	»

	Variation séculaire sidérale de la longitude moyenne.	du périgée.	du nœud.
	+	—	+
1857. HANSEN, par la théorie. (Tables de la Lune, 4°, London; p. 15.)	12",180	37",255	7",068
1858. AIRY, par les éclipses de 1030 et de —556. (London, MAS, XXVI, 152.).	12,989	»	»
1859. PLANA, par la théorie. (Torino, Mem_2, XVIII, 1.)	11,511 6	»	»
1859. DELAUNAY, par la théorie. (Paris, Crh, XLVIII, 825; XLIX, 511, 515.).	6,11	39,499	6,778
1860. DE PONTÉCOULANT, par la théorie. (London, MNt, XX, 276.)	7,992	»	»
1864. HANSEN, par la théorie. (Leipzig, Abh, VII, 374.).	12,557	38,577	6,623
1865. ALLÉGRET, par la théorie. (Paris, Crh, LXI, 70.)	10,61	7,86[sic]	8,02
1878. NEWCOMB, en comparant les observations modernes depuis 1625 aux éclipses des Arabes, entre 820 et 1004, et à celles de l'Almageste. (Washington, Obs_2, 1875; app. II, p. 265.)	8,82	»	»
1879. P. PUISEUX, par la théorie. (Paris, AEn_2, VIII, 361.).	6,328	»	»

Les nombres du tableau précédent expriment les variations séculaires sidérales. Pour obtenir les variations tropiques, il faut ajouter le terme de la précession dépendant du carré du temps, savoir :

+ 1",222 (*Bessel*, dans ANn, VI, 1828, 264);

1,121 (*Hansen*, Tables de la Lune, 1857, p. 15);

1,129 (*Le Verrier*, dans Paris, MOb, IV, 1858, 51).

Il n'est pas aisé de démêler, dans les observations des anciennes éclipses, comparées aux tables modernes, les influences respectives du moyen mouvement en longitude, de l'accélération, et du mouvement du nœud.

Ainsi *Laplace* (CdT, 1800 [an VIII], 375) fixait le mouvement du nœud en 100 ans juliens à

$$-5^c\ 134^\circ\ 8'\ 25''.$$

Wurm (ZfA, III, 1817, 41) le trouvait un peu moindre, ou seulement

$$-5^c\ 134^\circ\ 6'\ 24'',7,$$

en comparant les tables de *Bürg* aux éclipses du moyen âge et de *Ptolémée*.

A une époque plus récente, *Hansteen* (ANn, Erg, 1849, 52) a tiré de l'éclipse de 1030, observée en Scandinavie,

$$-5^c\ 134^\circ\ 8'\ 28'',5;$$

et *Zech* (ANn, XXXII, 1851, 211) a déduit de 19 éclipses rapportées dans l'Almageste de *Ptolémée*,

$$-5^c\ 134^\circ\ 8'\ 15'',$$

avec un mouvement en longitude moyenne, en 100 ans juliens, de

$$1336^c\ 307^\circ\ 53'\ 12''.$$

D'après *Newcomb* (Washington, Obs_2, 1875; app. II, p. 264, 274), les chiffres qui représentent le mieux, à la fois, les observations modernes, les éclipses arabes et les éclipses de l'antiquité, seraient, pour le nœud,

$$-5^c\ 134^\circ\ 8'\ 49'',6,$$

et pour le moyen mouvement,

$$1336^c\ 307^\circ\ 53'\ 20'',58.$$

Ces valeurs correspondent (loc. cit., p. 265) à une accélération séculaire de la longitude de 8'',8 ; mais le chiffre de cette accélération qui s'accorde le mieux avec les observations les plus anciennes, est 8'',3 (loc. cit., p. 268).

§ 213. PARALLAXE ET DEMI-DIAMÈTRE.

La première mesure de la parallaxe de la Lune fondée sur des observations vraiment scientifiques, est celle qu'*Hipparque* fit en l'an — 140, d'après la grandeur de l'éclipse de Soleil (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 11). Depuis lors, d'autres méthodes ont été employées à cette détermination. Parmi ces méthodes, on remarque les suivantes :

La mesure des hauteurs de la Lune, dans ses deux lunistices (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 13).

L'observation de la latitude de la Lune, dans le nonagésime, comparée à sa latitude calculée (*Albategnius,* De motu stellarum [A], cap. 40).

Les différences de déclinaison entre la Lune et une étoile, lorsque la Lune est à des hauteurs méridiennes très-inégales (*Santbech,* Problemata astronomica et geometrica, fol., Basileae, 1561; liber de observatione, prop. 15).

L'observation de l'instant où la Lune est dans le même vertical avec deux étoiles (*Digges*[*ius*], Alae seu scalae mathematicae; 4°, Londini, 1573). — Ce procédé revient à mesurer la parallaxe d'ascension droite, comme *Regiomontanus* l'avait proposé pour les comètes (*De Monteregio,* De cometae magnitudine longitudineque, ac de loco ejus vero; 4°, Norimbergae, 1531).

L'observation continue des hauteurs, pendant que l'astre décrit son arc diurne, en ayant soin de tenir compte de la réfraction (*Képler,* dans une lettre à *Magini,* datée de 1601, insérée dans : *Magini,* Supplementum ephemeridum ac tabularum secundorum mobilium, 4°, Venetiis, 1614; p. 253).

La différence entre la hauteur méridienne observée de la Lune et la hauteur calculée (**Ricciolus, Alm, 1651, I, 221**).

Les occultations d'étoiles (*J. P. Maraldi,* dans : **Paris, H & M, 1711, 303**).

Les distances de la Lune au zénit, dans deux stations éloignées en latitude géographique (*J. W. Wagner,* dans : **Berolinum, Msc, VI, 1740, 236**).

La parallaxe horizontale de la lune est une quantité assez grande pour varier d'une manière sensible d'un lieu à un autre, suivant le rayon terrestre du point d'observation. *Newton* a, le premier, considéré cette parallaxe dans le sphéroïde aplati (**Newtonus, PPm, 1687, liv. III, prop. xxviij, cor. 10**); et *J. A. Euler* a proposé, inversement, de faire servir la parallaxe observée à la détermination du rapport entre les divers rayons terrestres (**München, Abh_1, V, 1768, 197**).

Il y a un tel rapport entre la parallaxe de la Lune et son demi-diamètre, que nous avons cru pouvoir réunir, dans un même tableau, les mesures de ces deux éléments.

Les déterminations modernes se rapportent à la constante de la parallaxe horizontale équatoriale, et à la constante du demi-diamètre.

La constante de la parallaxe est de 38″ moindre que la moyenne entre les parallaxes au périgée et à l'apogée (**Lalande, Ast_3, II, 1792, 312**).

Nous parlons ici de la parallaxe rapportée à l'argument de la longitude moyenne. Rapportée à l'argument de la longitude vraie, la constante de la parallaxe serait plus forte de 10",79 suivant *Plana* (Théorie du mouvement de la Lune; t. I, p. 645, 675); ou de 10",83 suivant *de Pontécoulant* (Théorie analytique du système du monde, t. IV, p. 597).

Valeurs attribuées aux constantes de la parallaxe et du demi-diamètre de la Lune.

		Parallaxe.	Demi-diamètre.
—140.	HIPPARQUE; parallaxe par les éclipses. (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 11.)	47′ 30″	»
—100 ∓	POSIDONIUS. (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 23.).	65 40	»
+150.	PTOLÉMÉE; parallaxe par les hauteurs dans les lunistices. (Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 13, 5.)	58 42	16′ 40″
880.	ALBATEGNIUS. (De motu stellarum [A], cap. 30.)	»	16 12,5
1100 ∓	Les HINDOUX. (*Burgess,* Translation of the Sûrya Siddhânta, 8°, New Haven, 1860; ch. IV, p. 125.)	53 20	16 0
1252.	ALPHONSE. (*Alphonsus,* Coelestium motuum tabulae; 4°, Venetiis, 1483.)	59 21	»
1525.	COPERNIC. (Copernicus, Rev, 1543, lib. IV, cap. 21, 22.)	57 22,5	15 48
1602.	T. BRAHÉ. (Braheus, AiP, 1602, 115, 119, 134. — Reproduit: Brahe, Opa, 1648, 95, 97, 103.)	60 51	15 25
1622.	KÉPLER; demi-diamètre observé au télescope. (Keplerus, Epi, fasc. III, p. 861. — Reproduit: Keplerus, Opa, VI, 1866, 501.). . .	»	15 41
1622.	LONGOMONTANUS. (Astronomia danica, fol., Amsterodami; cap. 8, 9).	61 26	»
1627.	KÉPLER. (*Keplerus,* Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae; p. 98.)	60 53	15 39
1633.	LANSBERG. (Tabulae motuum coelestium perpetuae, 4°, Middelburgi; canones Lunae. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; tabul., p. 47.)	58 8	»
1644.	MUT. (Tractatus de Sole alphonsino; 4°, Majoricae.)	»	15 42,5

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1644. Argoli. (*Argolus*, Pandosium sphaericum; 4°, Patavii.)	61′ 17″	»
1645. Boulliau. (Bullialdus, Aph, 1645, tab, 139, 138).	58 17	16′ 17,5
1647. Hevelius. (Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani; p, 97.)	61 10	»
1650. Wendelin. (Communiqué dans : Ricciolus, Alm, I, 1651, 226.)	57 18	»
1651. Riccioli. (Ricciolus, Alm, I, 226.)	58 16	»
1666. Huygens; demi-diamètre au micromètre à carreaux. (Paris, His, I, 1733, 11; VII, 1730, 115.)	»	15 42,5
1672. Horroks. (*Horroccius,* Astronomia Kepleriana, 4°, Londini. — Opera posthuma, p. 487.) . . .	58 2	15 30
1680. Flamsteed. (*Moore, J.,* A new system of the mathematicks, 2 vol. 4°, London, 1681; vol. II, lunar tables.)	58 2,5	»
1687. Newton. (Newtonus, PPm, lib. iii, prop. iv, theor. 4.)	57 30	»
1687. Lahire. (Tabulae astronomicae, 2 part. 4°, Paris; part. i.)	56 51	15 45
1719. Halley. (*Halleius,* Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1740; tab. lunar.)	57 18	»
1727. J. W. Wagner; parallaxe par la comparaison de ses observations à Berlin avec celle de *Kolb* au Cap de Bonne-Espérance; première tentative de déterminer la parallaxe de la Lune par des observations faites en deux stations éloignées (Berolinum, Msc, VI, 1740, 236)	67 33	»
1740. J. Cassini. (Tables astronomiques, 4°, Paris; p. 54.).	58 22	15 47
1746. Le Monnier. (Le Monnier, Ins, 184.).	»	15 47,5
1750. Le Monnier; parallaxe par les plus grandes latitudes de la Lune. (Paris, H & M, 1768, 385.)	57 2	»
1751. La Caille; parallaxe par ses observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles de *Lalande* à Berlin. (Paris, H & M, 1751, 435.)	57 14,8	»

		Parallaxe.	Demi-diamètre.
1752.	J. J. de Lalande; parallaxe par ses observations de Berlin, comparées à celles de *La Caille* au Cap de Bonne-Espérance. (Paris, H & M, 1752, 78.)	57′ 5″	»
1752.	T. Mayer. (Gotinga, Cii, II, 383, 159.) . . .	57 11,4	15′ 44″,25
1761.	La Caille. (Paris, H & M, 1761, 51.)	57 13,1	»
1761.	Grischow; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance et de Pétersbourg. (Petropolis, NCi, VI, 495.)	57 7	»
1772.	L. Euler. (Novae tabulae lunares; 8°, Petropoli, 1772.)	56 58,5	»
1782.	Lagrange. (Berlin, Mem$_1$, 1782, 181, — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 223.) . . .	57 10,3	»
1786.	Duséjour, parallaxe par les observations de *La Caille* au Cap de Bonne-Espérance, comparées à celle d'Europe. (Duséjour, TaM, I, 547.)	57 11,3	»
1787.	Köhler, avec un héliomètre de 9^{p}. (BaJ, 1790, 148.)	»	15 42,8
1788.	J. J. de Lalande; demi-diamètre à l'héliomètre. (Paris, H & M, 1788, 189.)	»	15 43
1798.	Triesnecker. (BaJ, 1801, 191.)	»	15 42,92
1806.	Bürg. (Tables de la Lune; 4°, Paris.)	57 1,0	15 33,69
1812.	Burckhardt. (Tables de la Lune; 4°, Paris.) . . .	57 0,5	15 31,95
1815.	Ferrer; demi-diamètre par 8 éclipses et occultations. (CdT, 1817, 319.)	»	15 31,69
1822.	G. Dollond; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil de 1820. (London, MAS, I, 138.)	»	15 26,1
1822.	W. Pearson; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil de 1820. (London, MAS, I, 139.)	»	15 27,2
1822.	Wisniewski; demi-diamètre d'après les occultations de α Tauri. (St. Pétersbourg, MAc, VIII, 146.)	»	15 32,4
1828.	De Damoiseau; parallaxe par la théorie, en supposant la masse de la Lune $\frac{1}{74}$ de celle de la Terre. (Tables de la Lune; fol., Paris.)	57 0,89	15 32,64

	Parallaxe.	Demi-diamètre.
1827. C. L. Mathieu; parallaxe recalculée d'après les observations de *La Caille* et de *Lalande*. (*Delambre*, Histoire de l'Astronomie au XVIII[e] siècle, 4°, Paris; p. 606.).	57′ 4″,8	»
1831. Ferrer; demi-diamètre par les occultations. (London, MAS, IV, 584.)	»	15′ 32″,34
1832. Plana; parallaxe par la théorie, en supposant la masse de la Lune $\frac{1}{87}$ de celle de la Terre. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, 675.)	57 3,15	»
1837. Olufsen; parallaxe par les observations du XVIII[e] siècle. (ANn, XIV, 226.)	57 2,64	»
1838. T. Henderson; parallaxe par ses observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles d'Europe. (London, MAS, X, 294.)	57 1,8	»
1842. Carlini; demi-diamètre par l'éclipse de Soleil du 8 juillet 1842. (Paris, ABL, 1846, 278.) . .	»	15 31,3
1846. De Pontécoulant; parallaxe par la théorie. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 596.).	57 1,26	»
1848. Airy; demi-diamètre par les observations de distance zénitale à Greenwich, de 1750 à 1830. (Reduction of the observations of the Moon made at the Royal Observatory, Greenwich, 2 vol. 4°, London; vol. I, 1848, p. lxij.).	»	15 39,91
1849. Wichmann; demi-diamètre par des mesures à l'héliomètre. (ANn, XXIX, 1, 12.).	»	15 33,31
1853. Adams; parallaxe par une nouvelle discussion du travail de *T. Henderson* cité plus haut, et en employant un calcul plus complet des inégalités. (London, MNt, XIII, 263. — Comparez : London, MNt, XL, 1880, 483.)	57 2,48	»
1857. Hansen. (Tables de la Lune, 4°, Londres; p. 4.)	56 59,57	»
1859. Oudemans; demi-diamètre par les éclipses, les occultations et les mesures héliométriques. (Amsterdam, Ver_1, X, 1.)	»	15 32,27

	Parallaxe.	Demi-diamètre
1861. Airy; parallaxe par les observations de Greenwich depuis 1750. (London, MAS, XXIX, 20.) . .	57′ 5″,89	»
1864. Breen; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance, comparées à celles de Greenwich, de Cambridge et d'Édimbourg. (London, MAS, XXXII, 137.)	57 2,70	»
1866. E. J. Stone; parallaxe par les observations du Cap de Bonne-Espérance comparées à celles de Greenwich (London, MAS, XXXIV, 16); demi-diamètre par les observations de Greenwich de 1857 à 1860 (Greenwich, Obs, 1864, app. I, {9}.)	57 2,707	15′ 34″,68
1879. Pritchard; demi-diamètre par les photographies. (London, MNt, XXXIX, 449.)	»	15 34,175
1880. Künstner; par neuf occultations des Pléïades de 1839 à 1876. (Nova acta der Akademie der Naturforscher, 4°, Halle; vol. XLI, p. 363, 355.)	57 2,79	15 32,851

Adelbulner avait cru trouver au disque de la Lune un allongement de 30″, dans le sens nord-sud (Commercium litterarium ad astronomiae incrementum, 2 vol. 4°, Norimbergae; vol. II, 1739, p. 81). Mais cette différence provenait d'une erreur : cet astronome déduisait à tort du temps du passage, l'augmentation du diamètre dépendant de la hauteur de l'astre.

Wichmann, au contraire, ne trouve pas de trace d'une différence entre le diamètre polaire et le diamètre équatorial, et conclut que le disque lunaire, tel que nous l'apercevons, est sensiblement circulaire (ANn, XXVII, 1848, 102).

Il y a aujourd'hui des tables, pour l'augmentation du demi-diamètre de la Lune, suivant la hauteur de l'astre. *Auzout* est le premier astronome qui, en 1666, ait songé à cette correction (Paris, His, I, 1733, 11). En 1759, *Lalande* a inséré dans la Connaissance des temps de 1760, une table intitulée :

2310. [Lalande, J. J. de]. Augmentation du diamètre de la Lune à divers degrés de hauteur. CdT, 1760, 125.

Cette table a servi de type à toutes celles du même genre qu'ont données depuis les éphémérides.

§ 214. MASSE.

Les différentes déterminations qui ont été faites de la masse de la Lune ne sont pas très-concordantes. Le tableau qui suit donnera une idée du degré d'incertitude qui, jusqu'à ces derniers temps, est resté sur ces éléments. La masse de la Lune y est rapportée à la somme des masses de la Terre et de la Lune, prise pour unité :

Valeurs attribuées à la masse de la Lune.

1687. Newton, par la marée. (**Newtonus, PPm, lib. III, prop. xxxvij.**) $\frac{1}{39,788}$

1738. D_1. Bernoulli, par la marée. (Hydrodynamica; 4°, Argentorati.) $\frac{1}{70}$

1755. D'Alembert, par les phénomènes de la précession et de la nutation. (Recherches sur différents points du système du monde, 3 vol. 4°, Paris; t. II, p. 182.). . . . . $\frac{1}{75}$

1780. Lagrange, en supposant à la Lune la densité moyenne de la Terre. (**Berlin, Mem_1, 1780, 274. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76.**) . . . . $\frac{1}{50}$

1795. Delambre, par un grand nombre d'observations du Soleil, pour isoler l'inégalité lunaire. (**CdT, an XV [1797], 366.**) . . . . $\frac{1}{69,2}$

1795. Laplace, par la nutation. (Ibid.). . . . . $\frac{1}{71}$

1802. Wurm, par une moyenne entre la valeur déduite de l'effet lunaire dans la précession et celle qui dérive de la vitesse de circulation de la Lune. (**MCz, V, 553.**) . . . . $\frac{1}{66}$

1804. Bürg, par la parallaxe de la Lune. (**MCz, X, 256.**). . . . . . $\frac{1}{74,2}$

1806. Von Zach, d'après son coefficient de la nutation. (Tabulae speciales aberrationis, 2 vol. 4°, Gothae; t. I, introd.) . . . . $\frac{1}{69,237\,6}$

1815. Laplace, par les marées de Brest. (**Paris, Mem_2, III, 1818, 1.**). $\frac{1}{68,7}$

1816. Von Lindenau, d'après son coefficient de la nutation. (**ZfA, I, 65.**). $\frac{1}{87,73}$

1817. J. J. Littrow, par l'inégalité lunaire de la Terre. (**BaJ, 1820, 164.**). $\frac{1}{7[illegible],240\,7}$

1828. Bessel, par l'inégalité lunaire. (**ANn, VI, 265.**) . . . . $\frac{1}{85}$

1828. Airy, par l'équation lunaire de la Terre. (**London, PTr, 1828, 30.**). $\frac{1}{80,4}$

1832. Plana, par la précession et la nutation. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. III, p. 29.) . . . . $\frac{1}{87,206}$

1832. Plana, par la nutation seule. (Op. cit., t. III, p. 34.) . . . . . $\frac{1}{89,4}$

1838.	HENDERSON, par sa parallaxe de la Lune. (London, MAS, X, 294.).	$\frac{1}{78,9}$
1844.	HANSEN, par les perturbations de la Terre. (*Schumacher*, Sammlung von Hülfstafeln, neu herausgegeben, 8°, Altona, 1845; Taf. x.).	$\frac{1}{80}$
1845.	C. A. F. PETERS, par son chiffre de la nutation. (ANn, XXII, 34.).	$\frac{1}{81,24}$
1846.	DE PONTÉCOULANT, par la théorie de la Lune. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. IV, p. 589.)	$\frac{1}{75}$
1849.	AIRY, par la parallaxe tirée des observations de Greenwich de 1750 à 1830. (London, MAS, XVII, 51.)	$\frac{1}{99,3}$
1858.	LE VERRIER, d'après la nutation. (Paris, MOb, IV, 103.)	$\frac{1}{84,84}$
1862.	LUBBOCK, par les marées. (London, MAS, XXX, 29.)	$\frac{1}{67,3}$
1867.	NEWCOMB, d'après l'inégalité parallactique de la Terre. (Washington, Obs_2, 1865, app. II, * 29.)	$\frac{1}{81,08}$
1867.	E. J. STONE, en corrigeant le résultat de Le Verrier d'une inadvertance de calcul. (London, MNt, XXVII, 241.)	$\frac{1}{81,48}$
1867.	FINLAYSON, par 4 ans de différences d'amplitude entre les marées de syzygies et celles de quadratures. (London, MNt, XXVII, 271.).	$\frac{1}{87,925}$
1868.	E. J. STONE, d'après la précession et la nutation. (London, MNt, XXVIII, 43.)	$\frac{1}{81,36}$
1878.	VON ASTEN, en comparant la gravité à la masse de ♁ + ☽ obtenue par les perturbations de la comète de Encke de 1819 à 1868. (St. Pétersbourg, Mém, XXVI, n° 2, 109.)	$\frac{1}{81,44}$
1881.	HARKNESS, par les meilleures valeurs de la parallaxe de la Lune. (AJS_3, XXII, 386.)	$\frac{1}{81,77}$

§ 215. TACHES ET TERMINATEUR.

Un des traits frappants de l'aspect de la Lune, ce sont ses taches. On a fait deux hypothèses principales pour expliquer cette apparence. Les uns, avec *Cléarque* (*Plutarchus,* De facie in orbe Lunae [G], cap. 4), ont voulu y voir la réflexion d'objets externes, assimilant ainsi la Lune à un miroir. Dans les temps modernes, *Aguilon* (*Aguilonius,* Opticorum libri sex, fol., Antuerpiae, 1613; lib. v, prop. 56) imaginait encore que les détails du disque lunaire provenaient d'une réflexion des taches du Soleil.

D'autres, à l'exemple d'*Anaxagore* (*Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 30), y voyaient des caractères spécifiques, dépendant de la nature des substances. Cette explication par « des teintes propres » a été soutenue, à une époque

relativement récente, mais encore antérieure à l'invention du télescope, par *Reinhold* (*Reinholdus,* Purbacchii Theoricae novae planetarum.... illustratae scholiis, 8°, Vitembergae, 1542; édit de 1604, p. 164), *Cardan* (*Cardanus,* De subtilitate, fol., Norimbergae, 1550; lib. III. — Reproduit : *Cardanus,* Opera omnia; 10 vol. fol., Lugduni, 1663; au tom. III), *Benedetti* (Lettera... intorno ad alcune nuove riprensioni ed emendationi, 4°, Torino, 1581; p. 229) et *Barozzi* (*Barocius,* Cosmographia in quatuor libros distributa, 8°, Venetiis, 1585; lib. IV).

Après l'invention du télescope, les opinions furent définitivement fixées. Avec *Galilée* (*Galileus,* Sydereus nuncius, 4°, Venetiis, 1610, p. 9. — Reproduit : **Galilei, Ope**, éd. 8° de Milan, **t. IV, 1810, p. 510.** Aussi : **Galilei, Ope**, éd. 8° de Florence, **t. III, 1843, p. 65**) et *Lagalla* (De phaenomenis in orbe Lunae, 4°, Venetiis, 1612; cap. 10. — Reproduit : **Galilei, Ope, III, 1843; voir p. 517**), on considéra les taches comme des qualités permanentes, des teintes propres, de la surface de l'astre. Les différentes parties de cette surface, dit *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 352), réfléchissent très-inégalement la lumière.

Non-seulement on apercevait, entre les différentes parties du disque, des inégalités d'éclat, mais aussi, comme *Galilée* le reconnut à la première inspection télescopique, des inégalités de niveau.

Ce grand astronome se convainquit de l'existence d'aspérités et de dépressions à la surface de la Lune, par les déchiquetures du terminateur (*Galileus,* Sydereus nuncius, p. 9. — **Galilei. Ope**, éd. 8° de Milan, **IV, 1810, 510**; éd. 8° de Florence, **III, 1843, 65**). Il mesura déjà la hauteur de quelques-unes de ces montagnes, par la plus grande distance du terminateur aux sommets éclairés (Syd. nunc., p. 25. — **Ope**, 8°, Milan, **IV, 520**; 8°, Florence, **III, 69**). Il trouva ainsi pour les principales élévations, $\frac{1}{10}$ du rayon de l'astre (loc. cit.). *Hevelius,* (Selenographia, p. 266) réduisit ce chiffre à $\frac{1}{13}$.

Au reste, l'existence des inégalités de la surface lunaire a encore été confirmée par certaines observations de la dentelure du limbe. Cette dentelure est peu sensible, à la vérité, parce qu'ici les montagnes se projettent sur les vallées. *Galilée* (Syd. nunc., p. 21. — **Ope**, 8°, Milan, **IV, 1810, 518**; 8°, Florence, **III, 1843, 68**) en a déjà fait la remarque, en comparant cet effet à celui que produit la superposition des vagues à l'horizon de la mer. Cependant, dans quelques éclipses de Soleil, la dentelure du limbe a pu être observée (**Paris, H & M, 1765, 554; 1771, 14**).

Le terminateur, ou limite entre l'ombre et la lumière, a servi à plusieurs recherches importantes.

La figure de cette ligne démontre à *Aristote* (De coelo, lib. II, cap. 11) que la Lune est un globe et non un disque.

Vers l'an — 275, *Aristarque* de Samos fit la remarque que la rectitude du terminateur, qui rend la Lune dichotome, ne doit pas coïncider exactement avec l'instant de la quadrature. La différence dépend des distances relatives de la Terre à la Lune

et au Soleil. La dichotomie précède la première quadrature, lorsque la Lune a encore un petit angle à parcourir dans son orbite, avant d'atteindre cette quadrature. Dans le décours, la différence est en sens inverse.

Toutefois cette quantité est fort difficile à déterminer par l'observation. Voici les tentatives qui ont été faites à ce sujet.

Valeurs attribuées à la différence angulaire entre la dichotomie et la quadrature.

—275 ∓	ARISTARQUE. (*Aristarchus* Samius, De magnitudinibus et distantiis Solis et Lunae, 4°, Pisauri, 1572; prop. VII. — Reproduit : *Wallis,* Opera mathematica, 3 vol. fol., Oxoniae; vol. III, 1699, p. 581.)	3° 0′
1550 ∓	REINHOLD. (Cité par *Hooke,* Micrographia, fol., Londini, 1667; p. 238.).	3 0
1646.	KIRCHER. (Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae; lib. IX, p. 751.).	3 0
1650.	WENDELIN, par des observations à Majorque, communiquées à *Riccioli.* (Ricciolus, Alm, I, 1651, 751.)	0 14½
1651.	RICCIOLI. (Ricciolus, Alm, I, 751.)	0 30
1771.	J. J. DE LALANDE. (Lalande, Ast_2, II, n° 1724, p. 405.) . .	0 15

Afin de se reconnaître dans les nombreuses taches de la Lune, il fallait une nomenclature. Le premier astronome qui s'occupa de ce désideratum fut *Van Langren,* dont nous citerons tout à l'heure la carte (voir sous le n° 2329). Il apposa sur cette carte, qui est de 1645, des noms qui n'ont pas été adoptés (Comparez *A. Quetelet,* dans Bruxelles, Bul_1, XIX, III, 1852, 497; voir les lettres de *Van Langren,* citées aux p. 500 et 501).

La raison en fut qu'*Hevelius* publia presque simultanément un travail beaucoup plus considérable, entrepris depuis longtemps et accompagné d'un texte fort étendu, dans lequel il proposait une nomenclature complète. Le tableau des noms qu'il impose aux diverses taches de la Lune occupe les pages 228 à 235 de sa Selenographia (voir plus loin, n° 2311).

Ces noms, empruntés à la géographie tant ancienne que moderne, n'ont pourtant pas non plus prévalu : ils ont fait place à ceux de *F. M. Grimaldi* et *Riccioli,* qui ont substitué à la plupart des dénominations d'*Hevelius* les noms d'astronomes célèbres ou de protecteurs de l'astronomie (Ricciolus, Alm, I, 1651, 204).

La correspondance entre ces deux nomenclatures est présentée dans : *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 17.

Un semblable tableau se trouve également dans chaque volume annuel des **EpV**. La concordance des nomenclatures d'*Hevelius* et de *Riccioli* est aussi établie aux pages 29 à 36 de l'ouvrage Der Mond, de *Beer & Mädler* (voir plus bas, n° 2317). Dans cet ouvrage, les descriptions de taches sont presque toujours renseignées par la double désignation.

§ 216. DESCRIPTIONS TOPOGRAPHIQUES.

La première description systématique de la surface de la Lune a été donnée par

2311. **Hevelius, J.** Selenographia, sive Lunae descriptio, atque accurata tam macularum ejus, quam motuum diversorum, aliarumque omnium vicissitudinum phasiumque telescopii ope deprehensarum, delineatio; fol., Gedani, 1647.

Ce qui concerne proprement l'étude topographique de la Lune est contenu dans les chapitres VIII à LIV de ce grand ouvrage, p. 204-438. L'auteur suit l'astre pendant une lunaison, présentant jour par jour, ou même à des intervalles plus courts encore, une description détaillée, accompagnée chaque fois d'une figure très-bien gravée de 0^{m},16 de diamètre. Ces dessins de détails lui ont servi à tracer la carte génerale dont nous parlerons au § suivant.

2312. **Schroeter, J. H.** Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniss der Mondfläche, ihrer erlittenen Veränderungen und Atmosphäre; 3 vol. 4°, dont 2 de texte et 1 atlas, Göttingen, 1791-1802.

Des planches de l'atlas, 43 se rapportent au vol. I du texte et 32 au vol. II. Voici quelles sont les grandes divisions de cet ouvrage : Vol. I, 1] Généralités, touchant la révolution et la rotation de la Lune, la libration, le terminateur, la lumière cendrée, les effets de lumière et d'ombre, les méthodes d'observation de l'auteur (p. 28); 2] Observations et descriptions des localités de la Lune où l'on remarque des changements d'aspect (p. 143); 3] Changements accidentels et apparences très-remarquables, arrivés dans plusieurs parties de la Lune décrites précédemment (p. 412); 4] Fulgurations et phénomènes lumineux remarquables, observés dans la partie obscure du disque (p. 522); 5] Constitution physique et atmosphère de la Lune (p. 596). — Vol. II, 1] Description de taches remarquables dans l'hémisphère sud de la Lune (p. 1); 2] Description de taches remarquables dans l'hémisphère nord (p. 143); 3] Revue des descriptions données dans le premier volume (p. 238); 4] Nouvelles observations et remarques sur la nature de la Lune et sur son atmosphère (p. 355).

2313. **Herschel, W.** Astronomical observations relating to the mountains of the Moon. **London, PTr, 1780, 507.**

2314. **Gruithuisen, F. v. P.** Selenognotische Fragmente. Nova acta Academiae naturae curiosorum; Verhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher, 4°, Bonn; vol. X, 1821, p. 635; vol. XI, 1823, p. 583.

Il faut y joindre :

2315. **Gruithuisen, F. v. P.** Tagebuch der Mondbeobachtungen.

Ce journal, resté longtemps inédit, est publié par parties dans le WfA, à commencer du vol. XXII, 1879, p. 41. Au moment actuel [avril 1882] cette publication n'est pas terminée et se continue dans le vol. XXV de la revue précitée.

2316. **Lohrmann, W. G.** Topographie der sichtbaren Mondoberfläche, erste Abtheilung; 4°, Leipzig, 1824.

Cette partie est la seule qui ait paru; elle se rapporte à une portion de la région centrale du disque.

2317. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen oder allgemeine vergleichende Selenographie; 4°, Berlin, 1837.

Cet ouvrage est divisé en deux parties, une sélénographie mathématique et physique (p. 1), et une description topographique de la partie visible de la Lune (p. 191). Cette description est fort détaillée et fort exacte.

2318. **Webb, T. W.** The Moon.

Dans ses Celestial objects for common telescopes, 16°, London, 1867; 3e édit., 1873, p. 57-129; 4e édit., 1881, p. 62-140.

2319. **Birt, W. R.** A catalogue of lunar objects, with notes and illustrations; 4°, London, 1872.

2320. **Birt, W. R.** Selections from the portfolios of the editor of the lunar map and catalogue; 2 cah. 4°, London, 1873-1874.

2321. **Nasmyth, J. & Carpenter, J.** The Moon considered as a planet, a world, and a satellite; 2e édit., 4°, London, 1874.

Traduction.

Der Mond als Planet, Weld und Trabant (par *H. J. Klein*); 4°, Lepzig, 1876.

Cet ouvrage est accompagné de vingt planches, destinées à figurer les localités les plus remarquables de la Lune.

2522. Neison, E. The Moon and the condition and configurations of its surface; 8°, London, 1876.

Ouvrage considérable et fort complet.

2523. Schmidt, J. F. J. Erläuterungsband der Charte der Gebirge des Mondes; 4°, Berlin, 1878.

2524. Klein, H. J. Anleitung zur Durchmusterung des Himmels; 8°, Braunschweig, 1880.

Cet ouvrage contient, p. 158-240, des descriptions topographiques des taches les plus intéressantes, accompagnées de quelques figures.

Voici l'indication des ouvrages où l'on trouvera des listes de taches de la Lune, avec les coordonnées sélénocentriques de ces taches.

T. Mayer, Opera inedita, 4°, Gotingae; t. I [le seul paru], 1775, p. 108. — Ces déterminations remontent à 1750.

J. H. Lambert, dans BaJ, 1776, 151. — Reproduit dans *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 17. — Cette liste est dressée dans l'ordre où les taches s'illuminent successivement.

Lohrmann, Mondcharte herausgegeben von J. Schmidt, 4°, Leipzig, 1878, p. 36. — Ce travail, publié tardivement, remonte à 1821-1824.

W. Beer & Mädler, Der mond, 4°, Berlin, 1837; p. 99. — Dans cette table, les longitudes et latitudes des taches sont accompagnées des altitudes. — Comparez : ANn. XIV, 1837, 189.

Nasmyth & Carpenter, The Moon, 2e éd., 4°, London, 1874, p. 69.

Neison, The Moon, 8°, London, 1876; p. 565. — Voyez aussi sa note intitulée : Catalogue of points on the Moon's surface whose position has been recently determined by micrometrical measures; dans : London, MNt, XXXVI, 1876, 17.

J. Schmidt, Erläuterungsband der Charte der Gebirge des Mondes, 4°, Berlin, 1878; p. 7. — Les mesures de hauteurs sont p. 15. Voyez aussi p. 121-304 la description [Beschreibung des Tafeln].

On trouvera l'indication tache par tache des descriptions de localités lunaires, publiées par les divers sélénographes, dans *Houzeau & Lancaster*, Bibliographie générale de l'Astronomie, vol. II, 8°, Bruxelles, 1882; p. 1253-1317 et 1729-1731. Lorsqu'une description est accompagnée de dessins ou de diagrammes, ceux-ci sont indiqués dans cette liste, par un signe particulier.

§ 217. DESSINS ET CARTES.

On n'avait d'abord songé qu'à des dessins généraux. La première représentation de la Lune qui ait été publiée, était annexée à l'ouvrage :

2525. **Lagalla, G. C.** De phaenomenis in orbe Lunae novi telescopii usu a Galileo nunc iterum suscitatis physica disputatio; 4°, Venetiis, 1612.

Cette dissertation est aujourd'hui d'une rareté extrême. Le texte a été réimprimé dans : **Galilei, Ope, III, 1843, 243**, mais sans le dessin de *Lagalla*.

Comme second essai, vint en 1614 un croquis joint à l'ouvrage :

2526. **Scheiner, C.** Disquisitiones mathematicae de controvertiis et novitatibus astronomicis; 4°, Ingolstadii, 1614.

Ce livre est également d'une grande rareté.

En 1634, à la demande de *Peiresc*, *Salvat* entreprit la gravure des phases, d'après un plan plus développé. Ces dessins furent bientôt continués et menés à bonne fin par *Mellan* (*Gassendus*, De vita Peireskij, 4°, Parisiis, 1641; lib. v. — Reproduit : **Gassendus, Opa, V, 1658, 322; V, 1727, 280**). Ils ont été publiés sous le titre :

2527. **Mellan, C.** Phasium Lunae icones, quas annis salutis 1634 et 1635 pingebat ac sculpebat Aquis Sextiis C. Mellan, gallus, praesentibus ac flagitantibus illustribus viris Gassendo et Peyreschio; 4°, s. l. n. d.

Ces figures sont fort bonnes et sont demeurées en réputation jusqu'à la fin du siècle dernier. Mais elles sont d'une rareté extrême.

2528. **Rheita, A. M. S. de.** Oculus Enoch et Eliae sive radius sidereomysticus; fol., Antuerpiae, 1645.

A la fin de la première partie de cet ouvrage se trouve une image de la Lune pleine, de 0m,185 de diamètre.

2529. **Langrenus [van Langren], F.** Selenographia sive lumina austriaco philippica; Bruxellis, 1645.

Nous avons déjà parlé, au § 215, de ce dessin, également fort rare. Ce fut le premier dans lequel des noms conventionnels furent proposés pour les taches de la Lune.

2330. **Hevelius, J.** Selenographia sive Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647.

Nous avons mentionné, au § précédent, cet ouvrage considérable. On y trouve, entre les p. 222 et 223, ainsi qu'entre les p. 262 et 263, deux dessins de la Lune de $0^m{,}27$ de diamètre, augmentés de la bordure du second hémisphère qui se découvre par la libration. Il y a p. 226 un autre dessin de même dimension, explicatif de la nomenclature de l'auteur; enfin on trouve, dans le texte, 40 dessins de la Lune aux différents progrès de ses phases, ayant chacun $0^m{,}16$ de diamètre. Tous ces dessins sont gravés par *Hevelius,* et d'une exécution remarquable.

Ricciolus, Alm, I, 1651, 204.

Dessin de la pleine Lune, de $0^m{,}28$ de diamètre, servant d'explication à sa nomenclature.

2331. **Kircher, A.** Iconismus III. Dans son ouvrage : Iter exstaticum coeleste, 4°, Herbipoli, 1671; p. 64.

Dessin de la Lune pleine, peu détaillé, qui mesure seulement $0^m{,}133$ de diamètre.

2332. **Cassini, J. D.** Carte de la Lune [1680]. Formant la pl. VI annexée à **Paris, His, X, 1730, 129.**

Cette gravure n'était qu'une réduction. La carte elle-même, occupant un disque de $0^m{,}27$ de diamètre, a été publiée par *Lalande,* à Paris, en 1787. Elle était tracée d'après une grande esquisse de $3^m{,}9$ de diamètre.

2333. **Mayer, T.** Opera inedita. 4°, Gotingae, 1775; en frontispice.

Planche gravée sur cuivre, de $0^m{,}195$ de diamètre, représentant la Lune pleine.

2334. **Gruithuisen, F. v. P.** Allgemeine Mondcharte.

Une feuille gravée sur pierre, annexée à ses Selenognotische Fragmente (voir plus haut, n° 2314), ainsi qu'au **BaJ, 1825, 200.**

2335. **Lohrmann, W. G.** Mondcharte in 25 Sectionen, herausgegeben von *J. Schimdt;* 4°, Leipzig, 1878.

De ces 25 feuilles, 4 avaient paru en première édition, avec la Topographie der sichtbaren Mondoberfläche de l'auteur, 4° et atlas, Dresden und Leipzig, 1824. Puis *Lohrmann* avait donné, en 1838, à Dresde, une réduction de sa carte, ramenée à $0^m{,}40$ de diamètre, sous le titre de Mondcharte. C'est une excellente production. Enfin, au bout d'un demi-siècle, ce grand travail a vu le jour dans son état original. Les différentes sections assemblées formeraient un disque de $0^m{,}97$ de diamètre.

2336. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Mappa Selenographica totam Lunae hemisphaeram visibilem complectens; 4 feuilles, Berolini, 1837.

Les quatre feuilles s'assemblent pour former le disque entier, qui a 0m,95 de diamètre. Une seconde édition, retouchée par *Mädler,* a été donnée en 1877. Il y a, en outre, une réduction à 0m,32 de diamètre, par *Mädler,* sous le titre : General-Karte der sichtbaren Seite der Mondoberfläche; Berlin, 1837. Enfin *Birt* en a donné une autre réduction, revisée, dans ses Selections (voir plus haut, n° 2330), cah. I, 1873, p. 5.

2337. **Neison, E.** Lunar map. Dans son ouvrage intitulé The Moon, 8°, London, 1876.

Cette carte se compose de 22 sections, auxquelles est joint un tableau d'assemblage. Les 22 sections forment ensemble un disque de 0m,61 de diamètre.

2338. **Schmidt, J. F. J.** Charte der Gebirge des Mondes nach eigenen Beobachtungen in den Jahren 1840-1874; Berlin, 1878.

Cette carte est accompagnée d'un Erläuterungsband, 4°, Berlin, 1878, qui contient une description topographique de la Lune (voir plus haut, n° 2323). Elle a 2m,0 de diamètre. L'auteur y a travaillé pendant 34 ans. (**London, MNt, XXXVI, 1876, 299**).

La carte lunaire la plus détaillée serait la « Lunar map », projetée un instant par l'Association Britannique, sous l'inspiration de *Birt* (Report of the Lunar Committee for mapping the surface of the Moon; dans **British Assoc, Rep, 1865, 294**). Le disque, de 200 pouces ou 5m,0 de diamètre, était divisé d'abord en quatre quadrants, marqués I-IV, chaque quadrant en 13 areas désignées par les lettres A-M, et chaque area en 25 sections dénommées d'après les lettres de l'alphabet grec. Dans chaque section, les objets individuels devaient être désignés par des numéros.

Des 1300 sections que comprendrait cette vaste entreprise, quatre seulement ont paru, savoir :

IV A α, IV A ζ } dans **British Assoc, Rep, 1866, 214.** — Complété : **ibid., 1867, 1.**

IV A ϛ **Ibid., 1868, 1.**

IV A ϟ, publiée par souscription, sous le titre : *Birt, W. R.,* Outline lunar map, zone IV, area Aϟ; 4°, London, 1870.

Ces quatre sections contiennent 437 objets lunaires décrits individuellement, et susceptibles d'identification.

Cette entreprise, déjà interrompue depuis quelque temps, se trouve indéfiniment suspendue par la mort récente de *Birt.*

Lorsqu'il s'agit simplement de la recherche des objets lunaires, on peut se servir des cartes ci-dessous :

2339. **Webb, W. T.** Index map of the Moon.

Dans son ouvrage : Celestial objects for common telescopes, 8°, London, 1867, et dans les éditions subséquentes. Diamètre 0ᴹ,30.

2340. **[Falb, R].** Der Mond. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Lepzig; vol V, 1872, p 2.

Carte générale.

2341. **Nasmyth, J. & Carpenter, J.** Skeleton map of the Moon.

Planche V, p. 69 de leur ouvrage The Moon, 1874, cité plus haut (voir n° 2321). Ce croquis est précédé, pl. IV, p. 68, d'une « picture map of the Moon. » La combinaison de ces deux cartes permet d'identifier facilement les principales taches.

2342. **Richards, W. J. B. & Birt, W. R.** Lessons in selenography. ARr, XVIII, 1880, 70...

Cette instruction pour l'étude de la sélénographie est précédée (p. 53) d'un croquis de la Lune de 0ᴹ,12 de diamètre, servant d'index pour l'identificafion des taches.

Enfin, pour les écoles en général, on trouvera dans les publications suivantes, des images un peu forcées, mais caractéristiques :

2343. **Grimm, — .** Mondkarte.

Dans son Atlas der Astrophysik, fol., Lahr, [1881]; nᵒˢ 1-4. Diamètre 0ᴹ,19; il y a une carte générale, la pleine Lune, le quartier croissant, et le quartier du décours.

2344. **Harrison, H.** Telescopic pictures of the Moon, reproduced in colored lithographs; plano, New York, 1882.

Dimensions : 0ᴹ,60 de diamètre. Cette publication, qui doit représenter la Lune, pour l'usage des écoles, sous 6 aspects différents des phases, n'est pas encore terminée. Elle est accompagnée d'un manuel descriptif du même auteur, intitulé : A handbook describing objects in the « telescopic pictures of the Moon; » 8°, New York, 1880.

Indépendamment des cartes de la Lune, on a aussi préparé des globes représentant notre satellite. Le premier essai de ce genre fut sans doute celui que fit exécuter, au milieu du siècle dernier, la Société cosmographique de Nuremberg, et dont *T. Mayer* a rendu compte, dans la publication qui a pour titre :

2345. Mayer, T. Bericht von den Mondkugeln welche bei der Kosmographischen Gesellschaft in Nürnberg gefertigt werden; 4° Nürnberg, 1750.

Un peu plus tard, on vit paraître en Angleterre, un globe lunaire, gravé par fuseaux, qui pouvait par conséquent être reproduit, et qui fut mis dans le commerce :

2346. Russell, J, Lunar globe; London, 1797.

Diamètre : 0^{m},30. Ce globle est monté sur un pied qui permet de tenir compte de la libration, tant en longitude qu'en latitude. Il est accompagné de : A description of the selenographia, an apparatus for exhibiting the phenomena of the Moon; 4°, London, 1797. Cette description a été traduite en allemand, sous le titre : Beschreibung einer künstlichen Mondkugel, dans le Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunden, publié par *J. H. Voigt*, 8°, Jena & Weimar; vol. IV, 1802, p. 314.

Après la publication de la Mappa selenographica de *Beer* et *Mädler* (voir plus haut, n° 2336), une dame *Witte*, de Hanovre, construisit, d'après cette carte, un globe en relief, de 0^{m},287 de diamètre, sur lequel les moindres détails de la Mappa se trouvaient représentés (ANn, XVII, 1840, 29. — Comparez : British Assoc, Rep, 1843, II, 4).

Un travail encore plus considérable a été exécuté vers le milieu de ce siècle, par *T. Dickert,* conservateur du musée du château de Poppelsdorf, près de Bonn. C'est un immense relief en plâtre, représentant la Lune sous un diamètre de 6^{m},05, et portant toutes les aspérités de sa surface, à l'échelle de $\frac{1}{600\,000}$ pour les distances et de $\frac{1}{200\,000}$ pour les hauteurs. Les teintes mêmes des différentes régions sont imitées. Il existe une description de cette œuvre de patience :

2347. Schmidt, J. F. J. Das Relief der sichtbaren Halbkugel des Mondes, angefertigt von *Th. Dickert;* 8°, Olmütz, 1854.

Dès l'automne de 1840, *J. W. Draper* avait obtenu des images de la Lune, sur plaque daguerréotype, en employant un héliostat, et par une demi-heure de pose (PMg_3, XVII, 1840, 222). Ces premières images n'avaient de valeur qu'à titre de curiosité. Une tentative d'obtenir des photographies de la Lune, sur plaque de verre, fut faite ensuite par *Niepce de Saint-Victor* (Paris, Crh, XXX, 1850, 709). Mais

ce fut *G. P. Bond*, qui, en employant la grande lunette de l'Observatoire de Harvard College, à Cambridge, aux États-Unis, réussit le premier essai, portant un certain caractère d'utilité astronomique (**Paris, Crh, XXXII, 1851, 912**).

Les travaux de *Secchi* se placent ensuite, et consistent tant en images partielles, comme celle du cratère Copernic, qu'en aspects des phases incomplètes, comme celle du premier quartier (**Roma, MOs$_3$, I, 1859, 158.** — Comparez : **Paris, Crh, XLII, 1856, 958; XLVI, 1858, 199, 793**).

Les photographies de *W. de la Rue*, qui sont restées célèbres, étaient exécutées à une grande échelle. Il en a été rendu compte à la Société astronomique de Londres (**London, MNt, XIX, 1859, 40**). Une des planches a été photo-gravée (**Ibid., XXV, 1865, 171**).

On peut citer ensuite les photographies de *Kaiser* (**Amsterdam, Ver$_1$, XVI, 1864, 13**) et de *Neyt* (**Bruxelles, Bul$_2$, XXVIII, 1869, 28**), qui représentent la Lune dans différentes phases.

Toutefois les images photographiques de notre satellite, qui jusqu'ici rendent le plus de service, sont celles de *Rutherfurd*, de New York, parce qu'elles ont été multipliées et se trouvent dans le commerce. En voici le titre :

2348. **Rutherfurd, L. M.** Photographs of the Moon; plano, Manchester, [1873].

Ces photographies sont au nombre de trois, deux des quadratures, de 0^m,24 de diamètre, et une de la Lune pleine, de 0^m,20. Ces images sont celles qui sont jointes à l'ouvrage : The Moon, de *Proctor* (voir § 207, n° 2264).

Il y a, dans l'Atlas der Astrophysik de *Grimm*, déjà cité sous le n° 2343, neuf planches contenant des reproductions de photographies de détails lunaires. Nous avons vu, en outre, une très-belle photographie de la Lune en quadrature, de 0^m,38 de diamètre, prise récemment à l'Observatoire de l'Université d'Oxford, sous la direction de *Pritchard*.

Mentionnons, pour terminer, une note de *Janssen* sur la photographie de la lumière cendrée (**Paris, Crh, XCII, 1881, 496**).

§ 218. ROTATION.

Le fait que la Lune nous montre toujours la même face ne paraît pas avoir été nettement reconnu avant le Ve siècle. On le trouve dans *Simplicius* (Commentarius in quatuor Aristotelis libros de Coelo [G], fol., Venetiis, 1526 [version latine, fol., Venetiis, 1540]; p. 112 verso). Il résulte de cette disposition que la Lune exécute réellement une rotation. Cette vérité, quelque temps contestée, a été établie d'une manière magistrale par *de Mairan* (**Paris, H & M, 1747, 1**).

Newton, dans une lettre à *N. Mercator*, de 1675, avait affirmé que ce mouvement

de rotation est uniforme (*Mercator, N.*, Institutionum astronomicarum libri duo, 8°, Londini, 1678; append., ap. fin. — Réimpr. 4°, Patavii, 1685, voir p. 211). Mais il croyait à tort l'axe de rotation perpendiculaire à l'écliptique.

Un progrès important fut réalisé par *J. D. Cassini* (De l'origine et du progrès de l'Astronomie; dans **Paris, ROb, 1693, n° 1.** — Reproduit : **Paris, His, VIII, 1731, 1**), qui découvrit les conditions générales de cette rotation. Après s'être assuré de l'uniformité de la vitesse angulaire, du parallélisme constant de l'axe, et de l'égalité qui existe entre la durée de la rotation et celle de la révolution, cet habile astronome reconnut que les trois plans de l'orbite lunaire, de l'écliptique et de l'équateur de la Lune, se coupent constamment suivant une même droite. Ces lois importantes, désignées sous le nom de « lois de Cassini, » ont été exposées plus tard en détail par :

2349. **Cassini, J.** De la libration apparente de la Lune, ou de la révolution de la Lune autour de son axe. **Paris, H & M, 1721, 108.**

C'est l'écliptique qui se trouve entre les deux autres plans, et non l'équateur lunaire, ainsi qu'on serait induit à le croire, d'après une indication erronée de *Delambre* (**Delambre, Ast, III, 1814, 62**).

T. Mayer confirma, à son tour, l'uniformité de la rotation de la Lune, et il s'assura, par des observations très-précises des taches, notamment de la tache Manilius, que la rotation est parfaitement égale à la révolution (Cosmographische Nachrichten und Sammlungen, 4°, Wien [Nürnberg], 1750; p. 52).

Bientôt après, *Laplace* put démontrer (**Paris, Mem$_1$, I, 1798, 301.** — Comparez **Laplace, TMc, II, 1799, liv. v, ch. 2**) que les inclinaisons respectives de l'équateur et de l'orbite lunaires sont constantes sur l'écliptique mobile, et que la rotation de la Lune est soumise aux mêmes variations séculaires que sa révolution.

Le seul élément vraiment particulier à la rotation de notre satellite est donc l'inclinaison du plan de son équateur sur l'écliptique.

Plusieurs astronomes ont présenté des méthodes pour déterminer les éléments de l'axe de rotation de la Lune. Nous citerons à cet égard :

2350. **Heinsius, G.** De apparentia aequatoris lunaris in disco Lunae; 4°, Petropoli [Lipsiae], 1745.

2351. **Mayer, T.** Abhandlung über die Umwälzung des Mondes um seine Axe, und die scheinbare Bewegung der Monflecken. Cosmographische Nachrichten und Sammlungen, 4°, Wien [Nürnberg], 1750; p. 52.

2352. **Kaestner, A. G.** Formulae disco lunari dato tempore describendo. **Gotinga, Ces$_2$, III, II, 1780, 3.**

Valeurs attribuées à l'inclinaison de l'équateur lunaire sur l'écliptique.

1693.	J. D. Cassini, par ses observations des taches. (Paris, H & M, 1721, 108.)	2°30′
1750.	T. Mayer, d'après ses observations des taches en 1748 et 1749. (Bericht von den Mondskugeln, 4°, Nürnberg, 1750.)	1 29
1763.	J. J. de Lalande, par ses observations de la tache Manilius. (Paris, H & M, 1764, 555.)	1 43 0″
1818.	Nicollet & A. Bouvard, par 62 observations de la tache Manilius. (CdT, 1822, 280.)	1 27 40
1819.	Poisson, en discutant les observations de la tache Manilius faites par *Nicollet*. (CdT, 1821, 223.)	1 28 42
1821.	Nicollet, par 18 observations d'*A. Bouvard* et de *F. Arago* en 1806, et 32 observations qui lui sont propres. (CdT, 1823, 340.)	1 28 45
1832.	Plana, en discutant les observations de *Nicollet*. (*Plana,* Théorie de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 776).	1 28 41,6
1836.	Stambucchi & Kreil, par 196 observations de taches lunaires, en 1833 et 1834. (EfM, 1837, 56.)	1 35 48
1848.	Wichmann, par les mesures des taches prises par *Schlüter* et par lui à l'héliomètre de Königsberg. (ANn, XXVII, 97.)	1 32 9
1880.	Hartwig, par ses observations à l'héliomètre de Strasbourg. (*Hartwig,* Beitrag zur Bestimmung der physischen Libration des Mondes; 4°, Strassburg.)	1 36 39
1881.	Pritchard, par des mesures sur les photographies prises à l'Observatoire de l'Université d'Oxford. (London, MNt, XLI, 307.)	1 32 58

Les inégalités de cette inclinaison sont données par *Poisson,* d'après les observations de *Nicollet*. (CdT, 1821, 280). Ces calculs ont été corrigés par *Plana*. (Théorie du mouvement de la Lune, 3 vol. 4°, Turin; t. I, p. 776).

§ 219. LIBRATION.

Galilée connaissait, en 1632, la libration parallactique de la Lune. Le centre du disque étant dirigé au centre de la Terre, l'observateur placé obliquement, à la surface de notre globe, peut apercevoir, dit-il, des points de la surface lunaire qui sont au delà du disque normal (*Galilei,* Dialogo intorno ai due massimi sistemi del

mondo, 4°, Fiorenza, 1632; part. I, p. 58. — Reproduit : **Galilei, Ope, I, 1842; voir p. 75.**) Les deux taches sur lesquelles il constatait alors ce phénomène sont, dans notre nomenclature, Mare crisium à l'Ouest, et Grimaldi à l'Est. Dans une lettre à *Antonini*, datée de 1637, *Galilée* décrit en détail, sous le nom de « titubazione, » la libration parallactique et la libration en latitude (**Galilei, Ope**, **éd. de Padova, vol. II, 1718, p. 46; Ope, éd. 8° de Firenze, vol. III, 1843, p. 176**).

Le mot « libratio » se trouve, en 1647, dans l'ouvrage d'*Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani; p. 112, 236-249). Cet observateur aperçut (ibid., p. 241) que la libration en latitude dépend de la situation de la Lune par rapport à ses nœuds, ce qui indiquait déjà que l'axe de rotation reste parallèle à lui-même. La libration en longitude lui était bien connue; il ne la trouvait pas uniforme, et soupçonnait qu'elle était égale à la somme des inégalités du mouvement de révolution (ibid., p. 249). La même explication s'était aussi présentée à *Riccioli*, qui, trompé par des observations imparfaites, desquelles résultait une libration trop forte, l'avait rejetée (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 214**). Mais *Hevelius* y revint, et finit par établir l'existence de cette relation (*Hevelius,* Epistola de motu Lunae libratorio, fol., Gedani, 1654; p. 46. — Reproduit : **Ricciolus, Ara, I, 1665 ; voir p. 182**). Il l'exprime en disant que la Lune présente toujours la même face au centre de son orbite.

Les observations mêmes qui ont servi aux premières études de la libration sont reproduites dans : **Ricciolus, Ara, I, 1665**, savoir : celles d'*Hevelius,* 1643-1654 (p. 185-188), celles de *Gassendi,* 1636-1642 (p. 189), celles de *Boulliau,* 1643-1648 (p. 190), et celles de *F. M. Grimaldi,* 1649-1651 (p. 191).

Il y a dans la libration en longitude une inégalité annuelle, qu'il est difficile de tirer des observations, parce qu'elle est peu considérable. Voici comment le coefficient de cette inégalité a été évalué, en arc sélénocentrique.

Valeurs attribuées au coefficient de l'inégalité annuelle de la libration en longitude.

1821. Nicollet. (**CdT, 1823, 540.**)	4′ 49″,7
1836. Stambbuchi & Kreil. (**EfM, 1837, 57.**)	5 42,6
1880. Hartwig. (Beitrag zur Bestimmung der physischen Libration des Mondes, 4°, Strassburg.)	5 27
1881. Pritchard. (**London, MNt, XLI, 307.**)	5 30

Nous avons indiqué au § 120, p. 291, les documents à consulter en ce qui touche la théorie de la libration. Il suffira de signaler ici les ouvrages dans lesquels sont rassemblées les formules propres à calculer sur-le-champ les effets de ce phénomène.
On trouvera ces formules dans :

W. Beer & Mädler, Der Mond, 4°, Berlin, 1837; p. 49.

Bessel, dans **ANn**, **XVI**, **1839**, **273**. — Reproduit : *Bessel,* Abhandlungen, 3 vol. 4°, Leipzig; vol. III, 1876, p. 317.

Encke, dans **BaJ**, **1843**, **283**.

Neison, The Moon, 8°, London, 1876 ; p. 331.

Marth, dans **London**, **MNt**, **XLI**, **1881**, **420**.

La libration physique ou originelle, dont *Newton* s'était déjà préoccupé (**Newtonus**, **PPm**, **1687**, **lib**. III, **prop**. **38**), est due à la déviation de la Lune de la forme sphérique. On peut conclure d'observations rapides, qu'elle est fort petite. Elle consiste dans une oscillation de l'axe de la Lune dirigé vers nous, autour du rayon vecteur de l'astre, assimilant celui-ci à un pendule, et non à un fil-à-plomb qui pendrait fixement vers la Terre.

Une libration physique analogue se ferait autour de la droite qui joint la Lune au Soleil. Mais *Lagrange* a montré (**Berlin**, **Mem**$_1$, **1780**, **203**, **art**. **53**. — Reproduit : **Lagrange**, **OEu**, **V**, **1870**, **59**) qu'elle aurait seulement $\frac{1}{179}$ de l'amplitude de la première; et comme la libration physique vers la Terre est fort petite, celle vers le Soleil est tout à fait insensible.

Jusqu'ici, en effet, on n'est pas parvenu à dégager des erreurs des observations le principal de ces effets, celui vers la Terre. *Wichmann* dit seulement (**ANn**, **XXVII**, **1848**, **107**) que cette libration physique est certainement moindre que 3″, peut-être même inférieure à 2″. Ces chiffres représentent seulement une amplitude d'oscillation sélénocentrique de 10′, ou même de 7′ environ (*Neison,* The Moon, 8°, London, 1876; p. 105). Les recherches de *Hartwig,* déjà citées, conduisent à une conclusion analogue. On peut donc dire que la Lune pend vers la Terre sans osciller.

§ 220. FIGURE.

Nous avons vu, à la fin du § 213, que le disque de la Lune est sensiblement circulaire. Ce n'est pas à dire cependant que ce globe soit absolument sphérique. *Newton* a déjà remarqué (**Newtonus**, **PPm**, **lib**. III, **prop**. **38**) que l'axe dirigé vers la Terre doit être plus long que l'axe de rotation, et cette proposition a été confirmée par d'*Alembert* (Opuscules mathématiques, 8 vol. 4°, Paris; t. II, 1761, p. 313).

Nous appellerons $2a$ l'axe de l'équateur lunaire dirigé vers nous, $2b$ l'axe de cet équateur perpendiculaire au rayon vecteur, et $2c$ l'axe de rotation. Voici comment on a évalué, par des considérations théoriques, l'axe $2a$ de la Lune, l'axe $2c$ étant pris pour unité.

Valeurs attribuées à l'axe d'allongement de la Lune, l'axe de rotation étant l'unité.

1687. NEWTON. (Newtonus, PPm, lib. III, prop. 18.) 1,000 017 3

1761. D'ALEMBERT. (Opuscules mathématiques, t. II, p. 313.) . . 1,000 026 78

1780. LAGRANGE. (Berlin, Mem_1, 1780, 203, art. 69. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76.). 1,000 024 04

1799. LAPLACE. (Laplace, TMc, II, liv. V, ch. ij, n° 18.) 1,000 033 044

On va voir que ces valeurs, déduites de la théorie de l'attraction, semblent notablement dépassées dans la nature.

Hansen a fait la remarque que les discussions entreprises dans ces derniers temps, pour tirer des observations les coefficients des principales inégalités du mouvement lunaire, donnent toutes des chiffres plus forts que les valeurs correspondantes calculées par la théorie. Il en conclut que le centre de gravité de la Lune est, par rapport à la Terre, au delà du centre de figure du globe lunaire. La première de ces distances étant 1, la seconde serait 1,000 154 4 (London, MAS, XXIV, 1856, 31). Ce chiffre donnerait, dans l'hypothèse de l'homogénéité, une excentricité de 0,034 et $a = 1,000\,290$.

H. Gussew a cherché directement cette excentricité, en prenant des mesures des positions relatives des taches, dans différentes phases de la libration, sur des photographies de *de la Rue*. Il trouve ainsi (St. Pétersbourg, Bul_3, I, 1860, 296) l'excentricité de 0,0726, par conséquent $a = 1,001\,526$, et la distance de la Terre au centre de gravité de la Lune 1,000 559, celle de la Terre au centre de figure de notre satellite étant l'unité.

Une autre tentative du même genre a été faite par *Kayser*, au moyen de l'observation directe des taches placées au bord du disque, et qui paraissent et disparaissent par la libration. Cet astronome trouve de cette manière (ANn, LXXIII, 1869, 240), pour l'excentricité de la section de la Lune faite dans son équateur, 0,032 9, d'où résulterait $a = 1,000\,271$, et la distance de la Terre au centre de gravité de la Lune 1,000 150 4, celle de la Terre au centre de figure étant toujours l'unité.

Les idées de *Hansen* sur la position du centre de gravité de la Lune ont fait l'objet d'un examen critique de *Newcomb* (Proceedings of the American Association for the

advancement of science, 8°, Washington; année 1868, p. 167. — Reproduit : AJS_2, XLVI, 1868, 376), et elles ont été également combattues par *Delaunay* (Paris, Crh, LXX, 1870, 57). Ces deux astronomes ne croient pas que la très-petite différence trouvée entre le coefficient de la variation tiré des observations, et celui déduit de la théorie, permette de rien conclure relativement au centre de gravité de notre satellite.

Nous venons de parler de l'allongement du globe lunaire dans le sens du grand axe $2a$. D'après la théorie, l'excès de l'axe moyen $2b$ sur le plus petit axe $2c$ serait exactement $\frac{1}{4}$ de l'excès de $2a$ sur $2c$. Ce point, établi par *Lagrange* (Berlin, Mem_1, 1780, 203, art. 69. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 76), a été confirmé par *Laplace* (Laplace, TMc, II, 1799, liv. v, ch. ij, n° 18).

Les moments d'inertie, par rapport aux trois axes du sphéroïde lunaire, sont nécessairement un peu inégaux. Nous les désignerons respectivement par les lettres capitales A, B, C, correspondant aux axes que nous avons représentés par les petites lettres. Le rapport de ces moments d'inertie peut se conclure de divers phénomènes, notamment du mouvement du nœud de la Lune et de l'inégalité annuelle de la libration en longitude.

Laplace établit (loc. cit.) que, dans l'hypothèse de l'homogénéité, les trois moments seraient entre eux dans les rapports marqués par les valeurs :

$$A = 1 \qquad B = 1{,}000\,029 \qquad C = 1{,}000\,038;$$

tandis qu'il trouve par les phénomènes cités, en prenant toujours $A = 1$,

$$B = 1{,}000\,56, \qquad C = 1{,}000\,60.$$

Nicollet tire de ses observations (CdT, 1823, 340) :

$$B = 1{,}000\,564\,253 \qquad C = 1{,}000\,597\,367.$$

Les nombres de *Stambucchi* & *Kreil* (EfM, 1837, 58) donnent :

$$B = 1{,}000\,632\,03, \qquad C = 1{,}000\,635\,24.$$

Enfin il résulte des observations de *Wichmann* (ANn, XXVI, 1848, 335)

$$B = 1{,}000\,564, \qquad C = 1{,}000\,599.$$

§ 221. CONSTITUTION PHYSIQUE.

La plupart des ouvrages qui contiennent des descriptions de la surface lunaire, s'occupent aussi des conditions physiques qui existent à la surface de notre satellite. Il faut donc, avant tout, renvoyer ici aux ouvrages cités précédemment au § 216. On y joindra les études suivantes, qui traitent plus particulièrement de la constitution physique de notre satellite :

2353. **Lahire, P. de.** Réflexions sur les apparences du corps de la Lune. **Paris, H & M, 1706, 107.**

2354. **Louville, J. E. de.** Observation faite à Londres de l'éclipse totale du Soleil du 3 mai 1715. **Paris, H & M, 1715, 89.**

2355. **Weidler, J. F.** Eclipsis Solis observata Vitembergae Saxonum die 4 Augusti 1739. **London, PTr, 1739, 226.**

2356. **Gruithuisen, F. v. P.** Fragmente der Physik des Mondes. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1839, p. 31; 1840, p. 43; 1841, p. 44; 1842, p. 100; 1843-44, p. 46; 1845, p. 68; 1846, p. 111; 1847, p. 119; 1848, p. 91; 1849. p. 76.

2357. **Gruithuisen, F. v. P.** Ueber Naturgeschichte des Mondes. Même annuaire; année 1840, p. 161.

2358. **Loomis, E.** Physical constitution of the Moon. **SMr, I, 1847, 20.**

Ce travail contient un exposé général des conditions physiques dans lesquelles se trouve notre satellite.

2359. **Neison, E.** The present probable physical condition of the surface of the Moon. **ARr, XI, 1874, 305; XII, 1875, 62.**

2360. **Klein, J. H.** Die physische Beschaffenheit der Mondoberfläche. Dans Gaea, Natur und Leben, herausgegeben von *H. J. Klein*, 8°, Köln und Leipzig; vol. XV, 1879, p. 546; vol. XVI, 1880, p. 336, 386, 656.

2361. **Birt, W. R.** Lunar physics. **Obs, IV, 1881, 47.**

Après ces études d'un caractère plus ou moins général, il faut signaler celles dans lesquelles on s'occupe plus spécialement de l'interprétation de certaines apparences.

Nous avons déjà indiqué, au § 215, la conclusion tirée par *Galilée*, des déchiquetures du terminateur, relativement aux inégalités du sol de la Lune (*Galileus,* Sydereus nuncius, 4°, Venetiis, 1610, p. 9. — Reproduit : **Galilei, Ope, éd. de Milan, IV, 1810, 310; éd. de Florence, III, 1843, 65**). L'existence de montagnes, d'élévations diverses, était, en effet, facile à constater.

L'attention se porta en même temps sur les grandes plaines grises, que *Galilée* remarqua aussi dès ses premières observations, et qu'il assimila à nos « mers » (*Galileus,* Sydereus nuncius, p. 9. — Reproduit : **Galilei, Ope, éd. de Milan, IV, 1810, 310; éd. de Florence, III, 1843, 65**). Pendant longtemps on a considéré ces teintes plates comme indiquant la présence de véritables masses liquides. Ce fut *Huygens* qui, en discutant les conditions physiques, affirma le premier que ces espaces uniformes ne sont pas des mers, mais des plaines basses, dont le sol affecte une teinte plus obscure (*Hugenius,* Cosmotheoros; 4°, Hagae Comitum, 1698. — Reproduit : *Hugenius,* Opera varia, 2 vol. 4°, éd. 1724, t. II, voir p. 705). Il tirait principalement cette conclusion de l'absence d'une atmosphère sensible.

Malgré l'ensemble de déductions qui contredisent l'idée que les grandes plaques grises de la surface lunaire soient des masses d'eau, l'opinion que ces taches sont réellement des mers a encore été défendue, il n'y a guère plus d'un demi-siècle, par *Emmett* (Annals of philosophy, 2nd series, 8°, London; vol. XII, 1826, p. 337, 434), en contradiction avec tous les sélénographes modernes.

La nature volcanique de certaines parties de la surface lunaire a déjà été signalée par *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 354), et *Hooke* avait géneralisé cette notion, en regardant la plupart des taches comme des volcans éteints (*Hooke,* Micrographia, fol., Londini, 1667; cap. LX).

Les volcans de la Lune ont fait l'objet de plusieurs travaux spéciaux, savoir :

2362. **Æpinus, F. U. T.** Sur les volcans de la Lune. **Petropolis, NAc, II, 1788, his. 50.**

2363. **Cesaris, A. de.** De montibus vulcaniis Lunae commentarius. **EpM, 1790, 82.**

2364. **Beaumont, E. de.** Comparaison entre les masses montagneuses de la Terre et de la Lune. **Paris, Crh, XVI, 1843, 1032.**

2365. **Dana, J. D.** On the volcanoes of the Moon. **AJS_2, II, 1846, 335.**

2366. **Secchi, A.** ... Cratères lunaires. **Paris, Crh, XLVIII, 1859, 89.**

2367. Faye, H. Les volcans de la Lune. Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, seconde série, 8°, Paris; vol. II, 1881, p. 257.

L'idée d'actions volcaniques exercées sur la Lune, et particulièrement de soulèvements, a été combattue par :

2368. Gruithuisen, F. v. P. Vulkanismus auf dem Monde. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1849, p. 93.

Cet article est traduit en français, en anglais et en italien, dans le même volume, p. 180, 184, 189, respectivement.

La première mention de rainures ou crevasses, dans le sol lunaire, a été faite par *Schroeter* (Selenotopographische Fragmente, 2 vol. 4°, Göttingen; vol. II, 1802, p. 227). Il emploie pour les désigner le mot allemand « Rille, » auquel il substitue parfois, comme un équivalent, le mot « Canal « (ibid., p. 228).

Ces rainures ont fait l'objet d'une étude plus suivie de la part de *Gruithuisen* (BaJ, 1817, 189; 1819, 250). Puis *Beer* & *Mädler* ont donné une liste de toutes celles de ces crevasses qui étaient connues en 1840. Voyez cette liste, accompagnée des descriptions :

2369. Beer, W. & Mädler, J. H. Sur les rainures de la surface lunaire (Ueber die Rillen der Mondfläche). Dans Beer & Mädler, Frg, 1840, 45 (Bei, 1841, 11).

Ce catalogue est traduit en anglais, sous le titre : The lunar rills (clefts), dans ARr, XIX, 1881, 265 et suiv., continué par parties ARr, XX, 1882, 10 et suiv.

Voyez encore un travail spécial consacré à ces sillons :

2370. Schmidt, J F. J. Ueber Rillen auf dem Monde; 4°, Leipzig, 1866.

On remarque, même à l'œil nu, à la surface de la Lune, plusieurs systèmes rayonnants, dont le plus remarquable est celui qui a pour centre la tache appelée Tycho. Bien qu'elles soient frappantes, ces grandes bandes rayonnantes n'ont été étudiées d'une manière suivie qu'à partir des travaux de *W. Beer* et *Mädler*. Le nom de « Strahlensysteme » a été donné par ces astronomes à ces groupes de rayons divergents (ANn, XII, 1835, 199). Dans leur ouvrage Der Mond, déjà cité à différentes reprises (voir sous le n° 2317), plusieurs de ces systèmes sont examinés (p. 139, 209, 290).

On pourra consulter, en outre, au sujet de ces bandes :

2371. **Schwabe, S. H.** Ueber die Lichtstreifen des Mondes. **Unt, IX, 1855, 89.**

2372. **Lamey, C.** De la nature et de la formation des bandes rayonnantes de la Lune; 8°, Dijon, 1874.

Bien que *Huygens*, comme on le verra dans un instant, eût de bonne heure rejeté l'idée d'une atmosphère autour de la Lune, on n'a pas été sans noter certaines apparences, qui semblaient annoncer des traces au moins d'une couche atmosphérique raréfiée. Voici les principaux travaux que l'on peut citer à ce sujet :

2373. **L'Isle, J. N. de.** Sur l'atmosphère de la Lune. **Paris, H & M, 1715, 147.**

2374. **Teuber, G.** Conamen ad probandam Lunae atmosphaeram. **Berolinum, Msc, III, 1727, 279.**

2375. **Fouchy, J. P. G. de.** De atmosphera lunari. **London, PTr, 1739, 261.**

2376. **Mylius, C.** Gedanken ueber die Atmosphere des Monds; 4°, Hamburg, 1746.

2377. **Euler, L.** Sur l'atmosphère de la Lune prouvée par la dernière éclipse annulaire de Soleil. **Berlin, H & M, 1748, 103.**

2378. **Mayer, T.** Beweis dass der Mond keinen Luftkreis habe. Cosmographische Nachrichten und Sammlungen, 4°, Wien [Nürnberg], 1750; p. 397.

2379. **Boscovich, R.** De Lunae atmosphera, dissertatio; 4°, Romae, 1753. — Réimprimé : 4°, Lipsiae, 1754; 4°, Viennae, 1776.

Il y a des exemplaires qui ne portent pas le nom de l'auteur.

2380. **Frisi, P.** De atmosphaera coelestium corporum dissertatio physico-mathematica.

Dans ses Dissertationes variae, 2 vol. 4°, Lucae ; vol. I, 1759, n° 2.

2381. **Dunn, S.** Certain reasons for a lunar atmosphere. **London, PTr, 1762, 578.**

2582. **Schroeter, J. H.** Observations on the atmospheres of Venus and the Moon, their respective densities, perpendicular heights and the twilight occasioned by them. **London; PTr, 1792, 309.**

L'auteur est revenu sur ce sujet dans l'article :

2583. **Schroeter, J. H.** Noch über die Dämmerungen der Mondatmosphäre. **BaJ, 1798, 228.**

2584. **Bessel, F. W.** Bemerkungen über eine angenomene Atmosphäre des Mondes. **ANn, XI, 1834, 111.**

Cette atmosphère est nécessairement fort limitée, comme le prouve l'exiguïté de la réfraction subie par les rayons lumineux provenant des étoiles, au moment des occultations.

On s'est demandé quelle est la condition de la portion de la Lune qu'il nous est impossible d'apercevoir. *W. Beer* et *Mädler* ont essayé de répondre à cette question, en considérant que la bordure de l'hémisphère postérieur, qui se découvre à nous par intervalles, en vertu de la libration, et qui représente $\frac{1}{7}$ de cet hémisphère, ne diffère pas d'une manière caractéristique de la portion antérieure du globe lunaire. Voyez :

2585. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Sur l'hémisphère invisible de la Lune (Ueber die jenseitige Mondhalbkugel). Dans **Beer & Mädler, Frg, 1840, 1** (Bei, 1841, 3).

Les premiers sélénographes envisageaient très-carrément la possibilité qu'il y eût des habitants sur le globe lunaire. *Hevelius* avait même créé, pour désigner ces habitants, les noms de « selenites » et de « lunicolae » (Selenographia, fol., Gedani, 647; p. 300, 301). Mais on fut bientôt arrêté, dans cet ordre de considérations, par la remarque de *Huygens* (*Hugenius*, Cosmotheoros; 4°, Hagae Comitum, 1698. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, 2 vol. 4°, éd. 1724, t. II, voir p. 705), qu'on n'aperçoit sur la Lune aucune trace de constructions d'un caractère artificiel. Comme *Huygens* établissait, en même temps, qu'il n'y a pareillement sur ce globe ni atmosphère sensible, ni eau, l'existence d'êtres vivants et agissants, d'une certaine importance, fut dès lors discréditée.

Cependant certains astronomes ne croyaient pas que les conditions physiques fussent absolument contraires à la vie. C'est ce que soutint

2586. **Fester, C. D.** Betragtning over magnens bequemhed for levende skabninger. Skrifter det Danske videnskabernes selskab, nye samling, 4°, Kjöbenhavn; vol. I, 1781, p. 121.

La question restait sur ce terrain spéculatif, lorsqu'en 1825, *Gruithuisen* annonça qu'il avait découvert, dans une région de la Lune, à laquelle il donnait le nom de Schroeter, des constructions régulières, ressemblant à des fortifications. Cette annonce se trouve dans

2587. **Gruithuisen, F. v. P.** Ueber einige neue endeckte reguläre Bildungen auf der Mondoberfläche und andere veränderliche Gegenstände daselbst. **BaJ, 1828, 101.** — Complété : **1829, 154.**

Le caractère artificiel de ces éminences fut magistralement contesté par

2588. **Mädler, J. H.** Note sur la forme d'une certaine région de la Lune. **Paris, Crh, VI, 1838, 830.**

Et aussi

2589. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Paysage lunaire de Schroeter (Die Mondlandschaft Schroeter). Dans **Beer & Mädler, Frg, 1840, 79 (Bei, 1841, 59).**

Gruithuisen est cependant revenu à la charge dans un article qui n'a pas entraîné les convictions :

2590. **Gruithuisen, F. v. P.** Von den Spuren organischer Wesen auf der Oberfläche des Mondes. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München ; année 1849, p. 1.

Depuis cette époque, il n'a plus été question de traces d'êtres organisés, dans la Lune. Mais, en 1836, avait paru un ouvrage de mystification, qui a fait un instant un grand bruit. Il avait été rédigé en Amérique par *Nicollet*, et mis faussement sous le nom de *John Herschel.* En voici le titre :

2591. **Herschel, J.** Great astronomical discoveries lately made at the Cape of Good Hope; 8°, [New York, 1836].

Traductions.

Hochst merkwürdige astronomische Entdeckungen, den Mond und seine Bewohner betreffend; 8°, Hamburg, 1836.

Découvertes dans la Lune faites au Cap de Bonne-Espérance; 8°, Paris, 1836.

Cette mystification, dans laquelle on supposait qu'on avait observé, dans la Lune, des êtres ailés, ayant ouvert une voie à la spéculation, servit de point de départ à toute une série de publications apocryphes, qui, pour l'astronome, ne présentent aucun intérêt.

Les personnes qui désirent se tenir au courant des travaux des sélénographes contemporains, tant au point de vue des descriptions proprement dites qu'à celui de l'interprétation des observations portant sur la constitution physique de la Lune, ne peuvent pas négliger la publication périodique ci-dessous :

2392. The selenographical journal, a monthly bulletin of the Selenographical Society; 5 vol. 8°, London, 1878-1882.

Le cinquième volume est en cours de publication cette année [1882].

§ 222. CHANGEMENTS.

Les changements à la surface de la Lune sont fort difficiles à constater d'une manière positive, non-seulement à cause des lacunes qui peuvent exister dans les dessins de comparaison, mais aussi par suite des aspects variés qui résultent des incidences différentes de la lumière.

La plus ancienne trace que nous trouvions d'une observation relative à un changement de la surface lunaire, remonte au 18 octobre 1673. *Lalande* raconte qu'à cette date, *J. D. Cassini* avait noté, sur des dessins inédits, une tache nouvelle, blanche, entre Pitatus et Waltherus (**Lalande**, **Ast$_3$**, **III**, **1792**, **351**). En 1783, *W. Herschel* crut à la formation de deux montagnes, qui serait arrivée entre le 4 et le 13 du mois de mai (**London**, **PTr**, **1787**, **230**). *Schroeter* a rassemblé, dans son ouvrage classique, un certain nombre d'observations, tendant à établir l'existence de changements (Selenographische Fragmente, 2 vol. 4°, Göttingen; vol. I, 1791, Abth. III, p. 412; Abth. IV, Abchn. j et ij, p. 524 et 567). Cet habile observateur cite notamment les taches Hevelius et Mare Crisium.

Dans ces derniers temps, on a cru constater diverses modifications de la surface lunaire. Nous citerons, parmi les exemples principaux, les taches Linné, Plato, Messier et Hyginus. On consultera sur cette question :

2393. **Mädler, J. H.** Changes on the Moon's surface. **British Assoc, Rep**, **1868**, **514**. — Reproduit : **ARr**, **VI**, **1869**, **238**.

En allemand, sous le titre Ueber Veränderungen auf der Mondoberfläche, dans : *Mädler, J. H.,* Reden und Abhandlungen, 8°, Berlin, 1870; p. 490.

2394. **Birt, W. R.** On the extent of evidence which we prossess elucidatory of changes on the Moon's surface. **British Assoc**, **Rep**, **1868**, **II**, **11**.

2395. **Webb, T. W.** On the study of change in the lunar surface.

Dans *Birt, W. R.,* Selections from the portfolios of the editor of the lunar map, 2 cah. 4°, London; cah. I, 1873, p. 1.

2596. Klein, H. J. Ueber Veränderungen auf der Mondoberfläche. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. X, 1877, p. 119. — Reproduit : **WfA, XX, 1877, 177.**

2597. Klein, H. J. Leugner. Veränderungen auf der Mondoberfläche und ihr neuester Sirius, cité au n° précédent; vol. XIV, 1881, p. 54.

§ 223. FULGURATIONS.

Les premières fulgurations observées dans la partie obscure de la Lune ont été notées pendant des éclipses totales. Ainsi, pendant l'éclipse de 1715, *de Louville* vit sur le disque des « éclairs », qu'il expliqua par des orages (**Paris, H & M, 1715, 96**). A l'éclipse de 1778, *de Ulloa* fut frappé de l'aspect d'un point tellement brillant, qu'il crut avoir aperçu le Soleil par un trou percé à travers la Lune (**Berlin, Mem_1, 1778, 30*a*.** — Reproduit : Histoire et mémoires de l'Académie de Toulouse, 4°, Toulouse; vol. I, 1782, p. 224. En anglais : **London, PTr, 1779, 105.** En suédois : **Stockholm, Hdl_1, XXXIX, 1778, 235**; [en allemand] : **Hdl'_1, 1778, 225**).

Pendant quelque temps, on a attribué ces fulgurations à des éruptions volcaniques. Telle était l'interprétation de *W. Herschel* (**London, PTr, 1787, 229**). Plus tard, *Olbers* émit l'idée de réflexions sur des surfaces vitrifiées (**London, MAS, I, 1822, 158.** — Complété : **BaJ, 1824, 229**).

On trouvera les références relatives aux diverses observations individuelles des fulgurations dans *Houzeau & Lancaster,* Bibliographie de l'Astronomie; vol. II, 8°, Bruxelles, 1882, p. 1233-1238 et 1727.

§ 224. ÉCLAT.

La différence entre l'éclat de la Lune et celui du Soleil est énorme. Le premier physicien qui entreprit de mesurer la relation photométrique entre ces deux luminaires fut *Bouguer,* en 1725. L'expérience a été renouvelée depuis de différentes manières. Nous allons donner les divers chiffres qui ont été obtenus.

Valeurs attribuées à l'éclat de la pleine Lune, celle du Soleil étant l'unité.

1725. Bouguer, par l'intermédiaire d'une bougie. (*Bouguer,* Essai d'optique sur la gradation de la lumière, 12°, Paris, 1729; p. 31. — Reproduit : *Bouguer,* Traité d'optique..., 4°, Paris, 1760; p. 88.) . . $\frac{1}{300\,000}$

1750. L. Euler. (**Berlin, H & M, 1750, 280.**) . . . . $\frac{1}{374\,000}$

1829. W. H. Wollaston, par l'intermédiaire d'une bougie. (**London, PTr, 1829, 27.**) . . . . $\frac{1}{801\,072}$

1861. G. P. Bond, par l'intermédiaire d'un feu de Bengale. (**Boston, Mem$_2$**, VIII, 1863, 221.) . . . . $\frac{1}{470\,980}$

1865. Zöllner, à l'aide de son photomètre. (*Zöllner,* Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig; p. 105.) . . . . $\frac{1}{618\,000}$

P. G. Bond (loc. cit.) trouve pour le chiffre représentant l'action actinique, mesurée à l'aide de préparations photographiques, $\frac{1}{340\,000}$.

L'albedo de la surface lunaire, conclu par ces différents observateurs, est représenté respectivement par les nombres :

W. H. Wollaston	0,12
G. P. Bond	0,071
Zöllner.	0,175 6

Le 4 mars 1758, *Bouguer* (Traité d'optique sur la gradation de la Lumière, 4°, Paris, 1760; p. 122) trouvait le centre de Mare humorum 5 à 6 fois plus brillant que la partie sombre de la tache Grimaldi.

Arago donne le chiffre 2,7 pour l'intensité lumineuse du bord de la Lune, celle des grandes taches étant l'unité (**Arago, OEu, X, 1858, 292**). Il a trouvé un point brillant isolé, voisin du terminateur, 108 fois plus éclatant que la surface générale de la Lune (ibid., p. 293).

Dans différentes circonstances, on a remarqué sur la Lune des obscurcissements légers, plus ou moins partiels. On peut voir à ce sujet un article, dans lequel on cherche à expliquer ces apparences par l'évaporation d'un liquide et sa suspension dans un état analogue à celui des nuages :

2598. **Paugul.** Selenographical; an obscuring medium. English mechanic and world of science, 4°, London; vol. XXXIV, 1882, p. 374.

§ 225. CHALEUR.

L'absence de chaleur dans les rayons lunaires était déjà reconnue du temps de *Plutarque* (*Plutarchus,* De facie in orbe Lunae [G]; cap. 28). Dans les temps modernes, *Tschirnhausen* ne réussit pas à produire d'effet sensible à l'aide de verres ardents (**Lipsia, AcE, 1691, 52; 1697, 414**). Des expériences analogues, entreprises quelques années plus tard par *G. P. de Lahire,* ne donnèrent également qu'un résultat négatif (**Paris, H & M, 1705, 306**).

Il faut mentionner ensuite les investigations de *Toaldo* (Bononia, Cii, VII, 1791, 9, 471) et de *Melloni* (Paris, Crh, XXII, 1846, 541). Les recherches entreprises jusqu'à cette époque sont passées en revue dans un article de *Knoblauch* (Die Fortschritte der Physik, dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, 8°, Berlin; année 1846, p. 275). Elles sont également discutées par *Arago* (Arago, Apc, III, 1856, 467), dont la conclusion est que l'action lunaire est à très-peu près insensible, tant comme effet chimique que comme effet calorifique.

Cependant, des recherches postérieures et plus délicates n'ont pas été sans accuser certains résultats. *C. P. Smyth*, ayant fait des expériences, en 1856, à une grande hauteur, sur le Pic de Ténériffe, a trouvé que, dans les conditions où il opérait, la chaleur rayonnée par la Lune équivalait à celle d'une bougie placée à 4m,75 de distance (Proceedings of the Royal Institution of Great Britain, 8°, London; vol. II, 1860, p. 495). *Marié-Davy* représente la chaleur lunaire par celle d'un disque en fer, de la dimension apparente de la Lune, chauffé à 100° centigrades et placé à 35m de distance de l'observateur (Paris, Crh, LXIX, 1869, 922). On peut, au reste, d'après les effets produits par les rayons lunaires, calculer la température de la surface de laquelle ces rayons proviennent. *L. of Rosse* trouve ainsi que la Lune rayonne le calorique, comme une surface chauffée à 360° Fahrenheit = 182° centigrades (London, PTr, 1873, 587).

§ 226. SPECTRE ET POLARISATION.

Les principales études sur le spectre de la Lune sont celles de :

Janssen, dans les Annales de Chimie et de physique, 4e série, 8°, Paris; t. XXIII, 1871, p. 294.

Browning, dans ARr, VIII, 1871, 223.

H. C. Vogel, dans Bothkamp, Beo, I, 1872, 72.

On a également examiné le spectre de la lumière qu'envoie la Lune pendant ses éclipses. On trouve le compte rendu d'observations de ce genre, faites par *Maunder*, à Greenwich, dans Obs, I, 1878, 182; II, 1879, 197; et par *von Konkoly*, à O'Gyalla, dans les mémoires mathématiques de l'Académie des sciences de Hongrie : Értekezések a mathematikai osztály [tudományok] köréböl, 8°, Budapest; t. VII, 1880, n° 7.

Sur la polarisation de la Lumière de la Lune, on consultera d'abord les recherches de *Secchi*, desquelles il résulte que la polarisation, nulle à l'opposition, est au maximum du 6e au 7e jour de la lunaison. Le plan de polarisation est celui de réflexion. Les « mers » et les fonds de cratères donnent beaucoup de lumière polarisée, tandis que les montagnes en donnent très-peu. La quantité de polarisation, dans le premier quartier, est presque égale sur toute la face éclairée de la phase, comme s'il s'agissait d'un corps raboteux, ayant des facettes en toute direction (**ANn, LII, 1860, 93-94**).

On verra ensuite les observations de *Landerer*, qui confirment certains résultats de *Secchi*, et qui fournissent l'angle de polarisation, compté de la surface. Cet angle serait, selon cet auteur, de 37°, dans les plaines sombres ou « mers » (Les mondes, revue hebdomadaire des sciences, par *Moigno*, 8°, Paris; t. LI, 1880, p. 855).

CHAPITRE XIV.

COMBINAISONS LUNI-SOLAIRES.

§ 227. CYCLES DES PHASES LUNAIRES.

L'année tropique et la lunaison ne sont pas commensurables : on ne peut donc pas trouver de combinaison rigoureuse, qui permette d'accorder périodiquement les mouvements de la Lune avec ceux du Soleil. Mais si l'on n'y parvient pas exactement, on arrive à certaines approximations, qui ont reçu le nom générique de cycles.

Ces cycles sont de deux espèces : ceux qui ont simplement pour but de ramener les phases lunaires vraies aux mêmes intervalles, et ceux qui prétendent à reproduire une succession semblable de phases écliptiques. Les premiers sont les plus simples, car, à la rigueur, il suffit, dans ce cas, d'accorder la révolution synodique avec la révolution anomalistique, en choisissant des multiples convenables de l'une et de l'autre. Pour les seconds, au contraire, il faut encore tenir compte de la révolution draconitique, car la grandeur des éclipses dépend de la distance de la Lune à son nœud.

On peut voir, sur les cycles employés par les anciens, l'ouvrage fondamental de

2599. **Dodwell, H.** De veteribus graecorum et romanorum cyclis et de cyclo Indaeorum; 4°, Oxonii, 1701.

Le cycle de 19 ans était connu à la Chine dès le XXII[e] siècle avant notre ère. On l'attribue, dans l'histoire de cet empire, à un astronome nommé *Koua-hiu-kiu* (*Gaubil,* dans *Souciet,* Observations mathématiques... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; t. II. 1732, p. 140). Ce cycle ne fut trouvé par les Grecs, chez lesquels il passait sous le nom de *Méton,* qu'au — V[e] siècle (**Ptolemaeus, MCo**, liv. IV, cap. 2). Le rang des années dans la période a été appelé le « nombre d'or ».

On trouve des détails sur l'origine du cycle de *Méton,* dans :

Theophrastes, De prognosticis [G].

Diodorus siculus, Bibliotheca historica [G], lib. II, XII.

Ælianus, De varia historia [G], lib. X, XIII.

Censorinus, De die natali [L], cap. 6.

Tzetzes, Variae historiae [G], lib. XII.

En — 329, *Calippe* quadrupla la durée, afin de rendre plus exacte cette période, qui devint ainsi de 76 ans moins un quart de jour. (*Geminus*, Isagoge in phaenomena [G], cap. 6. Aussi : **Ptolemaeus, MCo, lib.** IV, **cap. 2, 9; lib.** V, **cap. 3; lib,** VII, **cap. 2, 3.** Aussi : *Censorinus*, De die natali [L], cap. 6, 7, 18).

Une autre période dérivée de celle du nombre d'or fut employée par *Denys* le Petit [*Dyonisius* exiguus], en 527 (**Petavius, Doc, I, 1627; lib.** II, **cap. 67.** Aussi : *Janus*, Historia cycli dionysiani cum argumentis paschalibus; 4°, Vitembergae, 1718). Elle se compose de 28 périodes simples, et embrasse, par conséquent, 28 × 19 ans = 532 ans.

Vers l'an — 500, *Cléostrate* de Ténédos, suivi plus tard par *Harpalus*, imagina la période de 8 ans, qui ramène les lunaisons un jour et demi plus tard (*Censorinus*, De die natali [L], cap. 6. Aussi : *Macrobius*, Saturnalia [L], lib. I, cap. 13).

La période de 600 ans est mentionnée par *Josèphe* (*Josephus*, Antiquitates judaicae [H], dans ses Opera, fol., Basileae, 1544 [et autres éditions], lib. I, cap. 4). Parmi les auteurs modernes qu'on peut consulter au sujet de cette période, nous indiquerons :

J. D. Cassini, dans son traité De l'origine et du progrès de l'Astronomie, inséré : **Paris, His, VIII, 1730; voir p. 4 et 5.**

Weidler, dans son Historia astronomiae, 4°, Vitembergae, 1741; voir p. 629.

Goguet, dans son ouvrage De l'origine des lois, des arts et des sciences, 3 vol. 4°, Paris, 1758; voir t. III, p. 261.

Bailly, Histoire de l'Astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; éd, 1785, t. I, p. 66, 509.

Il paraît que cette période était le « neros » des Égyptiens (*Georgius Syncellus*, Chronographia [G]).

Hipparque fit d'abord usage d'une période de 304 ans, comprenant 3760 lunaisons (*Censorinus*, De die natali [L], cap. 18). Il y substitua plus tard une période de 4267 lunaisons, faisant, d'après lui, 126 007^j 1^h (**Ptolemaeus, MCo, lib.** IV, **cap. 2**).

Dans ses Règles de l'Astronomie indienne, imprimées en 1689, *J. D. Cassini* examine la fameuse période de 11 600 ans, qui, lorsqu'on les prend dans le calendrier grégorien, ramène les lunaisons au même jour, et presque à la même heure (**Paris, ROb, 1693, n° 11. — Reproduit : Paris, His, VIII, 1730; voir p. 277**).

Une autre période a été trouvée par *Gibert*, de 2835 ans, qui font 35 065 lunaisons, à très-peu près (Mémoires pour servir à l'histoire des sciences et des beaux-arts [dits Mémoires de Trévoux], 12°, Trévoux et Paris ; année 1762, p. 197).

Une autre période, d'une très-grande approximation, au moins lorsqu'on se borne à considérer la révolution synodique et la révolution anomalistique, est celle indiquée par *Houzeau* (Bruxelles, Bul_2, XXXIII, 1872, 199), qui, au bout de 7412 jours ou environ dix-neuf ans trois quarts, ramène les syzygies, à un centième de jour près, dans le même point de l'orbite lunaire. Mais le nombre d'années écoulées n'étant pas un nombre entier ni même très-voisin d'un entier, ces syzygies ne correspondent pas aux mêmes points de l'orbite de la Terre.

Voici les éléments numériques des différents cycles dont on vient de parler.

Nous posons, en nous bornant à six décimales du jour :

Révolution synodique ou lunaison $= 29^j{,}530\ 589 = S$
Id. anomalistique de la ☽ $= 27{,}554\ 600 = A$
Id. draconitique id. $= 27{,}212\ 222 = D$

Nous désignons, en outre, par J l'année julienne de 365,25 jours, et par G l'année grégorienne de 365,2425 jours.

Dans le tableau qui suit, nous rangeons les cycles dans l'ordre de leur durée :

1.

Cycle de *Cléostrate.*

$8\ J = 2\ 922^j{,}00$
$99\ S = 2\ 923{,}53$
$106\ A = 2\ 920{,}79$

2.

Cycle de *Koua-hiu-kiu*, ou de *Meton*, ou du *Nombre d'or.*

$19\ J = 6\ 939^j{,}75$
$235\ S = 6\ 939{,}69$
$252\ A = 6\ 943{,}76$

3.

Cycle *anomalistique.*

$[20\ J = 7\ 305^j{,}00]$
$251\ S = 7\ 412{,}18$
$269\ A = 7\ 412{,}19$

4.

Cycle de *Callippe.*

$76\ J = 27\ 759^j{,}00$
$940\ S = 27\ 758{,}75$
$1\ 007\ A = 27\ 747{,}48$

5.

Premier cycle d'*Hipparque.*

$304\ J = 111\ 036^j{,}00$
$3\ 760\ S = 111\ 035{,}01$
$4\ 030\ A = 111\ 045{,}04$

6.

Deuxième cycle d'*Hipparque.*

$345\ J = 126\ 011^j{,}25$
$4\ 267\ S = 126\ 007{,}02$
$4\ 573\ A = 126\ 007{,}19$

7.

Période de *Denys* (*Dionysius*).

532 J = 194 313j,0
5 680 S = 194 311,3
6 552 A = 194 315,0

8.

Période du *Neros*.

600 J = 219 150j,0
7 424 S = 219 135,1
7 953 A = 219 141,7

9.

Période de *Gibert*.

2 835 J = 1 035 483j,75
35 065 S = 1 035 490,1
37 579 A = 1 035 474,3

10.

Période de *J. D. Cassini*.

11 600 G = 4 236 813,0
143 472 S = 4 236 812,7
153 761 A = 4 236 823,0

C'est ici le lieu d'indiquer les tables spécialement destinées au calcul des phases de la Lune. Nous mentionnerons :

2400. **Lambert, J. H.** Tafeln für die Zeit der Neu- und Vollmonde.

Dans : *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 97.

2401. **Pilgram, A.** Tabulae lunationum ex calendario chronologico medii potissimum aevi monumentis accomodato. **EpV, 1782, app.**

Ces tables des phases de la Lune vont de l'an 600 à l'an 2000.

2402. **Largeteau, C. L.** Tables pour le calcul des syzygies écliptiques ou quelconques. **CdT, 1843, 3. — Reproduit : Paris, Mém₂, XXII, 1850, 491.**

2403. **Houzeau, J. C.** Du calcul rapide des phases lunaires. **Bruxelles, Bul₂, XXXIII, 1872, 197.**

Avec des tables.

Dans les syzygies, l'évection se confond avec l'équation du centre. *Burckhardt* en a profité pour établir une formule très-simple, susceptible de donner, à quelques minutes près, l'instant d'une conjonction ou d'une opposition vraie. Voici les termes les plus sensibles de cette formule :

$$x = 252^m \sin a - 589^m \sin A + 23^m \sin 2A + 11^m \sin (A - a).$$

Dans cette expression, x est la correction à faire à la syzygie moyenne, a désigne l'anomalie moyenne du Soleil et A celle de la Lune (*Burckhardt,* Tables de la Lune, 4°, Paris, 1812; p. 88).

§ 228. CYCLES ÉCLIPTIQUES.

Il paraîtrait, au rapport de *Suidas* (Lexicon [G], au mot Saros), que les Chaldéens auraient trouvé, au — VIIIe siècle, la période écliptique de 18 ans et 11 jours. Suivant *Halley* (**London, PTr, 1692, 535**), cette période chaldaïque était bien celle connue, dans l'antiquité, sous le nom de « saros ».

La période écliptique de 18 ans est exposée dans *Ptolémée* (**Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2**). Elle fait 223 lunaisons, dit *Pline* (*Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 13). La différence de près de 11 jours, force à corriger d'une période à l'autre. Aussi avait-on étendu, dans l'antiquité, cette période chaldaïque, à un intervalle 31 fois plus considérable, dont on retranchait toutefois un an. Mais *Legentil* a fait la remarque (**Paris, H & M, 1756, 55, 70**) qu'en décuplant la période, et en ajoutant quatre révolutions de la Lune, il n'y a presque plus de déplacement.

Au reste, *Hipparque* avait déjà modifié la période chaldaïque, en prenant vingt-quatre périodes élémentaires, augmentées d'une demi-période environ (**Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 2**).

Si l'on s'occupe principalement du nœud, il y a un cycle fort commode, dont *Pingré* s'est servi, et qui se compose de 521 ans juliens, avec une erreur de 3 heures seulement. La latitude de la Lune se reproduit à 2′; mais la différence sur les syzygies peut s'élever à 8 heures, et c'est seulement la phase de l'éclipse que l'on retrouve (**Lalande, Ast_3, II, 1792, 195**).

Il y a quelques années, *Utting* a fait connaître un cycle de 307 ½ ans environ, au bout duquel les révolutions synodique et draconitique se retrouvent ensemble (**London, MAS, III, 1829, 89**). Mais il y a une différence de 8 jours pour le retour au périhélie; et d'autre part, la différence de six mois sur la position de la Terre fait varier sensiblement l'heure des éclipses. C'est donc seulement leur grandeur qui se reproduit. Encore, pour les éclipses de Soleil, cette grandeur est-elle influencée par les différences de parallaxe, puisque l'heure diffère et par conséquent la hauteur de l'astre sur l'horizon. Cet inconvénient s'étend du reste à tous les cycles écliptiques qui n'embrassent pas, à très-peu près, un nombre entier de périodes anomalistiques.

Nous allons rassembler en tableau les cycles écliptiques. Nous les rangeons toujours dans l'ordre de leurs durées. Nous continuons à employer les notations du § précédent.

1.

Période *chaldaïque* ou *Saros.*

18 J = 6 574^j,59
223 S = 6 585,32
242 D = 6 585,36
239 A = 6 585,55

2.

Période de *Utting.*

307 G = 112 129^j,45
3 803 S = 112 304,80
4 127 D = 112 304,80
4 076 A = 112 312,57

3.

Période d'*Hipparque.*

441 J = 161 075^j,25
5 458 S = 161 177,93
5 923 D = 161 177,96
5 849 A = 161 166,86

4.

Période de *Pingré.*

521 J = 190 295^j,25
6 444 S = 190 297,06
6 995 D = 190 295,07
6 906 A = 190 292,07

5.

Grande période *chaldaïque.*

557 J = 203 444^j,25
6 890 S = 203 465,75
7 477 D = 203 465,80
7 384 A = 203 465,98

Des tables pour trouver les positions approchées de la Lune, fondées sur la période de 18 ans, ont été données par *Burckhardt*, dans CdT, 1812, 293.

C'est aussi le cycle du Saros qui sert de base aux tables de *Newcomb,* qui ont cet avantage d'être présentées dans une forme analogue à celle des tables de la Lune de *Hansen.* Nous les avons déja citées au § 104; mais il convient d'en répéter ici le titre :

2404. Newcomb, S. On the recurrence of solar eclipses with tables of eclipses from B. C. 700 to A. D. 2300. **Washington, Ast, I, part. I, 1879.**

On pourra voir, en outre :

2405. Snooke, W. D. Brief astronomical tables constructed on a simple plan for the expeditious calculation of eclipses in all ages, designed for the purpose of verifying dates; 8°, London, 1852.

2406. **Hansen, P. A.** Ecliptische Tafeln für die Conjunctionen des Mondes und der Sonne, nebst Angabe einer wesentlichen Abkürzung der Berechnung einer Sonnenfinsterniss. **Leipzig, Ber, IX, 1857, 75.**

Nous avons indiqué au § 104 les tables chronologiques d'éclipses calculées. Nous mentionnerons d'autre part, au chapitre XXIX, les tables d'éclipses observées. Mais il est peut-être bon de rappeler ici que l'explication des éclipses était connue fort anciennement. Celle de l'éclipse de Lune, par l'interposition de la Terre, était attribuée, en Grèce, aux pythagoriciens (*Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. II, cap. 29); celle de l'éclipse de Soleil, par l'interposition de la Lune, était due, disait-on, à *Thalès* (ibid., lib. II, cap. 24). Il y a déjà dans *Geminus,* (Isagoge in phaenomena [G]), une bonne exposition du phénomène des éclipses.

Nous renvoyons d'ailleurs au chapitre XXIX, pour ce qui concerne l'histoire proprement dite des éclipses.

§ 229. CALENDRIER.

Les mouvements du Soleil et de la Lune servent de base au calendrier. Un grand nombre d'ouvrages élémentaires exposent les principes d'après lesquels se fait le compte du temps. Parmi ces ouvrages, nous mentionnerons les suivants :

2407. **Rivard, D. F.** Traité de la sphère et du calendrier; 8°, Paris, 1741. — Huit éditions, 8°, Paris, la dernière en 1837. La 5e édit., 1798, était revue et augmentée par *Lalande;* la 7e, 1816, par *Puissant.*

L'auteur a donné, à Paris, 8°, 1743, un Abrégé du traité de la sphère et du calendrier.

2408 **Le Boyer, J.** Traité complet du calendrier, considéré sous les rapports astronomique, commercial et historique, dans lequel on trouve les éphémérides de tous les peuples et de tous les temps; 8°, Nantes, 1822.

2409. **Littrow, J. J.** Calendariographie oder Anleitung alle Arten Kalender zu verfertigen; 8°, Wien, 1828.

2410 **Frank, F. A.** Calendographie, oder gründlicher Unterricht in der Kalender-Wissenschaft; 4°, Grätz, 1828.

2411. **Mailly, E.** Du calendrier. Dans *Quetelet, A.,* Almanach séculaire de l'Observatoire de Bruxelles, 12°, Bruxelles, 1854; p. 3.

2412. **Jahn, G. A.** Der Calenderfreund, ein sicherer Führer durch das Gebiet des Kalenders, der Zeitrechnung und Sternkunde; 8°, Leipzig, 1841. — 2e édit., 1855.

A côté de ces expositions élémentaires, il faut citer les calendriers appelés perpétuels, qui ont pour but de donner les éléments nécessaires au compte du temps, pour des durées indéfinies. Nous parlerons au chapitre XXVII des éphémérides annuelles, dont le but spécial est de fournir à l'avance aux astronomes la position des astres. Parmi les calendriers propres à donner le cours des dates pendant une durée indéfinie ou très-longue, on peut citer :

2413. **Benincasa, R.** Almanacco perpetuo; 8°, Napoli, 1582.

On connaît une quarantaine d'éditions de cet ouvrage, encore réimprimé, 12°, à Bassano, en 1820. Toutes ces éditions sont en un volume 8°, à l'exception des trois éditions de Venise de 1793, 1798 et 1816, qui ont deux volumes. L'édition de Bassano de 1720 est dans le format 4°. — L'édition de Naples de 1602 a reçu des additions considérables, par *O. Beltrano*, écrivant sous le pseudonyme de *T. Partenopeo*. Ces développements ont passé dans toutes les réimpressions postérieures, dans lesquelles le véritable nom de *Beltrano* a fini par paraître. — L'astronome aura peine à s'expliquer le grand succès de ce livre, où l'astrologie et les préjugés tiennent une place considérable. Aussi ne le citons-nous qu'à titre historique, et comme curiosité.

2414. **Fanello, M.** Calendario universale ecclesiastico e civile perpetuo; 8°, Venezia, 1758.

Avec un grand nombre de tables.

2415. **Francœur, L. B.** Théorie du calendrier et collection de tous les calendriers des années passées et futures; 18°, Paris, 1842.

Ce petit ouvrage faisait partie de la collection des Manuels édités par *Roret*.

2416. **Lersch, B. M.** Ewiges Kalendarium, zum gewöhnlichen Gebrauche und als Hülfsmittel chronologischer Studien eingerichtet; 8°, Münster, 1877.

A l'origine des civilisations, avant que l'on arrive à une combinaison satisfaisante entre le cours du Soleil et celui de la Lune, il y a souvent une longue hésitation entre les deux. Ainsi les anciens auteurs rapportent que l'on compta d'abord par mois (*Diodorus siculus,* Bibliotheca historica [G], lib. I; *Varron,* cité par *Lactantius,* Institutiones divinae [L], lib. II, cap. 13; *Plinius,* Historia naturalis [L], lib. VII, cap. 48; *Stobaeus,* Eclogae physicae et ethicae, édit. d'Anvers, 1575, p. 22; *Suidas,*

Lexicon [G], au mot Hélios, t. II, p. 54). Puis on fit des périodes de deux mois (*Censorinus,* De die natali [L], cap. 19), puis de trois ou de quatre (*Plutarchus,* De vita Numae [G]; *Solinus,* Polyhistor [L], cap. 3; *Augustinus,* De civitate Dei [L], lib. xv, cap. 12). Ce furent les Égyptiens qui commencèrent l'année de douze mois (*Clemens alexandrinus,* Stromata [G], lib. I, cap. 16).

Mais on n'arriva d'abord qu'à l'année lunaire, de douze révolutions synodiques, ou 354 jours. C'était celle des Grecs, celle de Numa; c'est encore celle des Japonais.

La même hésitation se reflète dans le nombre de jours qui composait l'année. Ainsi, dans le calendrier de *Romulus,* il n'y en avait que 304 (*Solinus,* Polyhistor [L], part. I, cap. 2; *Macrobius,* Saturnalia [L], lib. I, cap. 12). Le calendrier de *Numa* en donnait 354 ou 355, et par conséquent il était arrivé à l'année lunaire (*Ovidius,* Fasti [L], lib. III, v. 151; *Solinus,* Polyhistor [L], loc. cit.; *Macrobius,* Saturnalia [L], lib. I, cap. 13). Enfin *César* introduisit à Rome l'année égyptienne de $365\frac{1}{4}$ j (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. XVIII, cap. 25; *Suetonius,* De vita Caesaris [L]; *Dion Cassius,* Historia romana [G], lib. XLIII; *Solinus,* Polyhistor [L], cap. 3; *Censorinus,* De die natali [L], cap. 10; *Macrobius,* Saturnalia [L], lib. I, cap. 14).

Il est puéril de vouloir établir une correspondance entre les lunaisons et les mois de notre année solaire. Toutefois, comme suite de la distribution des 235 lunaisons dans la période de 19 années, on a donné cette règle que les lunaisons doivent porter le nom du mois dans lequel elles finissent (**JdS_1, 1771, déc.; CdT, 1773, 231; 1774, 255**).

Les divers peuples ont imaginé des combinaisons différentes pour compter le temps, en le fractionnant en périodes plus ou moins exactement réglées. La connaissance de ces calendriers est nécessaire pour reporter, dans notre manière de compter, les dates exprimées sous une forme différente.

De ces différents calendriers, ceux qui ont pour nous le plus d'importance, sont ceux de l'antiquité classique. Une des meilleures études qu'on puisse consulter à cet égard est celle que *Beckmann* a insérée dans ses Beyträge zur Geschichte der Erfindungen, 5 vol. 8°, Leipzig; vol. I, 1784, p. 108 (voir § 44, n° 265).

On verra ensuite :

2417. Eber[us], P. Calendarium historicum; 8°, Basileae, 1550.

L'auteur donne les calendriers égyptien, grec, macédonien, hébreu et romain. C'est dans cet ouvrage que se trouve le premier essai d'éphémérides historiques, chaque jour étant marqué par le souvenir de certains événements.

2418. Friedleben, T. Kalenderbuch, vollständig ausgeführt für die beiden christlichen, den judischen und türkischen Kalender, einschliesslich der chronologischen Kennzeichen und Zirkel eines-jeden Jahres von 1701 bis 2000 und von Jahr 1 bis 2000 für die christlichen Zeitrechnung; 4°, Frankfort a. M., 1834. — 2e édit., 1840.

2419. **Bouchet, U.** Héméralogie, ou traité pratique complet des calendriers italien, grégorien, israélite et musulman, avec les règles de l'ancien calendrier égyptien; 8°, Paris, 1868.

Pour le système d'intercalation des anciens grecs, on pourra consulter : *Herodotus,* Historia [G], lib. II, cap. 4; *Cicero,* Orationes in Verrem [L], lib. II, cap. 129.

On trouvera du reste une étude précieuse sur le compte du temps en Grèce dans :

2420. **Fréret, N.** Éclaircissement sur la nature des années employées par l'auteur de la chronique de Paros. **Paris, Ins, XXVI, 1759, 200.**

Les calendriers successifs des Romains se trouvent exposés dans :

2421. **Stoeffler, J.** Calendarium romanum magnum; fol., Oppenheym, 1515.

2422. **Gassendus, P.** Romanum calendarium compendiose expositum; 4°, Parisiis, 1664. — Reproduit : **Gassendus, Opa, V, 1658, 545; V, 1727, 485**

Le meilleur guide, dans le dédale que le calendrier de Rome présentait avant la réforme julienne, est le mémoire de

2423. **La Nauze, L. J. de.** Le calendrier romain, depuis les décemvirs jusqu'à la correction de Jules César. **Paris, Ins, XXVI, 1759, 219.**

L'année lunaire est celle des peuples sémitiques. Cependant l'année solaire ne leur est pas inconnue. Les Hébreux, par exemple, avaient une année solaire, qui commençait vers l'équinoxe d'automne (Leviticus, cap. 23, 25; Ezechiel, cap. 40).

On peut voir du reste :

2424. **Ideler, C. L.** Ueber die bei den morgenländischen Völkern gebrauchlichen Formen des julianischen Jahres. **Berlin, Abh, 1816-17, Phil, 215.**

C'est ici le lieu de citer le grand ouvrage de

2425. **Munster[us], S.** Kalendarium hebraicum; 4°, Basileae, 1527.

On peut consulter encore sur le calendrier juif :

Petavius, Doc, I, 1627, lib. IX, cap. 3.

Casali[us], De veteribus sacris christianorum ritibus, fol., Romae, 1647; cap. 62.

Quant au calendrier des Arabes et des peuples qui ont adopté l'islamisme, on verra :

2426. **Mahmoud.** Mémoire sur le calendrier arabe avant l'islamisme. **Bruxelles, Mcr, XXX, 1861, n° 7.**

2427. **Francœur, L. B.** Sur le calendrier des mahométans. **BSm, X, 1828, 336.** — Reproduit : **CdT, 1844, 111.**

Pour la période du moyen âge, consultez :

2428. **Haltaus C. G.** Calendarium medii aevi praecipue germanicum; 8°, Lipsiae, 1729. — Réimpr., 1772.

Traduction.

Kalender des Mittelalters vorzüglich in Deutschland (par *W. F. Z. Scheffer*); 4°, Erlangen, 1794.

L'auteur s'applique à restituer, d'après les monuments, les anciennes désignations des mois, des jours et des fêtes.

Sur le calendrier persan, et en particulier sur l'intercalation que *Chata* et *Igur* ont introduite dans ce calendrier au commencement du XVe siècle, on verra :

2429. **Ideler, C. L.** Ueber die Zeitrechnung von Chatâ und Igûr. **Berlin, Abh, 1832, Phil, 271.**

A la première révolution française, un remaniement dans les subdivisions de l'année fut tenté pendant quelque temps. Il pourra être utile, pour la conversion des dates, d'avoir sous la main un tableau de correspondance. Un pareil tableau, comprenant la période pendant laquelle le calendrier républicain a été usité, se trouve dans :

2430. **Quetelet, A.** Concordance des calendriers républicain et grégorien. **Bruxelles, Ann, 1842, 275.**

Sur le calendrier des Aztèques, et sur sa comparaison avec les calendriers asiatiques, on verra l'intéressant mémoire de

2431. **Humboldt, A. de.** Relief en basalte, représentant le calendrier mexicain.

Dans son ouvrage : Vues des Cordillères et monuments des peuples indigènes de l'Amérique, fol., Paris, 1810; pl. xxiij et texte correspondant. — Reproduit dans l'édit. en 2 vol. 8°, Paris; t. I, pl. viij, p. 332.

Ajoutons, sur le calendrier des Javanais :

2432. **Oudemans, J. A. C.** Mededeeling betreffende de sterrebeelden, wier hoogte boven den horizon, op een bepaald oogenblik van den nacht, door de Javanen ten behoeve van den landbouw geraadpleegd wordt. **Amsterdam, Ver$_2$, XVI, II, 1881, 177.**

L'année égyptienne, d'abord vague, c'est-à-dire de 365 jours seulement, amenait un empiétement rapide des phénomènes astronomiques annuels sur les dates du calendrier. En 1461 de ces années vagues, l'empiétement était d'une année entière. La concordance primitive était alors rétablie. Cette durée s'appelait la période sothiaque, qui ramenait à la même date civile le lever héliaque de α Canis majoris (*Censorinus,* De die natali [L], cap. 18).

Le seul moyen d'éviter cette circulation des phénomènes, c'était de recourir à des intercalations. Mais celles-ci devenaient un grand obstable à la régularité des subdivisions.

Cette difficulté a été abordée, par les différents peuples, de différentes manières. L'une des plus simples, mais non la plus rigoureuse, était l'addition égyptienne d'un jour tous les quatre ans. Elle a fini par faire place à l'intercalation grégorienne, au sujet de laquelle on verra les ouvrages indiqués plus loin, à l'occasion de la réforme de notre calendrier européen. Nous allons d'abord comparer entre eux les divers degrés d'approximation, réalisés par les systèmes d'intercalation les mieux combinés.

Nous avons déjà mentionné l'intercalation des Perses. Par suite de la répartition par 13, usitée chez les Aztèques, le cycle de ce peuple était de 4 × 13 ou 52 ans, et l'intercalation étant alternativement de 13 puis de 12 jours, sur les cycles successifs, il en résultait 25 jours intercalaires en 104 ans.

Voici les résultats des différents systèmes d'intercalation, dans l'ordre de leur degré d'approximation.

Nature des années.	Valeur en jours.	Intervalle nécessaire pour produire un jour d'inexactitude.
—	—	—
Année astronomique	365^j,242 20	»
— grégorienne	242 50	30 siècles.
— persane	242 86	15 —
— aztèque	240 38	5½ —
— julienne	250 00	128 ans.
— vague	000 00	4 ans env.

Nous allons suivre un instant le développement, dans l'histoire, du système d'intercalation propre à notre calendrier.

L'intercalation égyptienne d'un jour en quatre ans avait été introduite, chez les Grecs, en — 360, par *Eudoxe* de Cnide (*Diogenes laertius,* De vitis... clarorum philosophorum [G], lib. III, cap. 86). On sait qu'elle ne fut portée à Rome que par l'initiative de César.

Le calendrier réformé, appelé julien, fut inauguré, dans le domaine romain, l'an — 44. *Sosigènes* en avait fourni les bases (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 8; lib. XVIII, cap. 25).

Sur l'introduction de cette réforme, on a une notice de :

2433. **Lepsius, C. R.** Ueber die Einführung des alexandrinischen Kalenders unter Augustus. **Berlin, Mbr, 1859, 182.**

L'année dite « de confusion », à laquelle 67 jours furent ajoutés pour rétablir une prétendue concordance, tombe en l'an — 46 de notre ère. Sur cette singulière année, on peut consulter :

Censorinus, De die natali [L], cap. 20.

Macrobius, Saturnalia [L], lib. I, cap. 14.

Scaliger, De emendatione temporum, lib. II et lib. IV; p. 187 et 228 de la réimpr. de Genève de 1629.

Petavius, Doc, I, 1627; lib. IV, cap, 1; lib. X, cap. 61.

L'intercalation étant trop fréquente, l'anticipation des phénomènes annuels dans le rang des dates devait un jour devenir sensible. Ce point est indiqué, pour la première fois, dans une dissertation de *Bède :*

2434. **Beda.** De temporum ratione.

Traité du VIII[e] siècle, inséré dans les œuvres imprimées de *Bède* (voir § 67, n[os] 777 et 778).

Au XIII[e] siècle, l'anticipation des phénomènes annuels sur les dates du calendrier frappa nettement l'attention (*De Sacrobusto,* Libellus de anni ratione seu ut vocatur vulgo computus ecclesiasticus, 8°, Witebergae, 1538. — Annexé aux éditions de sa Sphaera dites de *Melanchton,* voir § 59, n° 590). A mesure qu'on avançait, les différences allaient toujours en augmentant. En 1414, Pierre *d'Ailly* (Petrus *de Alliaco*) écrivit son Tractatus de correctione calendarii, qu'on trouvera à la suite de son Tractatus de imagine mundi, fol., Lovanii, 1480 (voir § 59, n° 608). Ce mémoire était destiné au Concile de Constance, alors assemblé, et posa pour la première fois, dans le monde officiel, la question de la réforme du calendrier julien.

Sur l'histoire de cette réforme, et les principes sur lesquels est fondé le calendrier grégorien, l'ouvrage capital est celui de

2435. **Clavius, C.** Romani calendarii a Gregorio XIII restituti explicatio; fol., Romae, 1603.

Ce traité, qui donne l'idée la plus complète des éléments de la réforme grégorienne, est réimprimé au vol. V des Opera de *Clavius* (voir § 67, nº 782).

Nous indiquerons en outre :

2436. **Blondel, F.** Histoire du calendrier romain, qui contient son origine et les divers changements qui lui sont arrivés; 4°, Paris, 1682. — Réimpr.; 12°, La Haie, 1684; 4°, Paris, 1699.

C'est un des meilleurs ouvrages qu'on puisse consulter sur ce sujet.

2437. **Brady, J.** Clavis calendaria, or a compendious analysis of the calendar, illustrated with ecclesiastical, historical, and classical anecdotes; 2 vol. 8°, London, 1810. — Réimp., 1813 et 1815.

Enfin on trouvera les formules pour le calcul de la Pâque dans :

2438. **Gauss, C. F.** Berechnung des Osterfestes. **MCz, II, 1800, 121.** — Reproduit : **Gauss, Wrk, VI, 1874, 73.**

Voyez une correction indiquée par l'auteur : **ZfA, I, 1816, 158.**

2439. **Ciccolini, L.** Formole analitiche pel calcolo della pasqua Biblioteca italiana ossia giornale di letteratura, scienze ed arti, 8°, Milano; vol. XIII, 1819, p. 350.

2440. **Calandrelli, G.** Formole analitiche della pasqua. Giornale arcadico di scienze, lettere ed arti, 8°, Roma; vol. XVI, 1822, p. 172.

§ 230. CHRONOLOGIE.

Pour l'astronome, le point principal dans la chronologie est la transformation des dates, exprimées dans une échelle quelconque, en dates de notre calendrier. On rapporte d'ordinaire les dates chinoises, assyriennes, alexandrines, grecques, romaines et autres, au calendrier julien. On les exprime donc en années, mois et jours de ce calendrier. Ce système n'est pas sans difficulté ni sans complication. L'élément étant le jour, il semblerait plus naturel et plus simple de dater les observations astronomiques en jours, par exemple d'après le rang que le jour occupe dans la période julienne de *Scaliger,* comme *Peirce* l'a entrepris dans ses tables de la Lune (voir plus haut § 211, nº 2305). Le grand nombre de jours composant les intervalles n'est pas un obstacle, toutes les unités étant égales entre elles, tandis que les années ne le sont pas.

L'astronome qui voudra se préparer à l'identification des dates auxquelles sont rapportées des observations à nous transmises par l'antiquité, devra étudier d'abord :

2441. **Ideler, C. L.** Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie; 2 vol. 8°, Berlin, 1825.

Ouvrage classique, dans lequel sont fixés magistralement les grands points de repère de la chronologie, tels que l'origine des olympiades, la mort d'Alexandre, la fondation de Rome.

2442. **Friedleben, T.** Lehrbuch der Chronologie oder Zeitrechnung und Kalenderwesen ehemaliger und jetziger Völker; 8°, Frankfurt a. M., 1827. — 2e édit., 1840.

2443. **Biot, J. B.** Résumé de chronologie astronomique. Paris, Mem_2, XXII, 1849, 209.

2444. **Martin, H.** Mémoire où se trouve restitué pour la première fois le calendrier luni-solaire chaldéo-macédonien. Revue archéologique, ou recueil de documents et de mémoires relatifs à l'étude des monuments..., 8°, Paris; vol. IX, 1853, cah. iij.

L'auteur présente ce travail comme un complément à la Chronologie astronomique de *Biot* (Paris, Crh, XXXVII, 1853, 543).

On pourra suivre l'application des méthodes de la chronologie, dans les ouvrages importants que les bénédictins de Saint-Maur, et parmi eux principalement *Clément*, avaient préparés, sous le titre d'Art de vérifier les dates. Cette œuvre immense, qui comprend en même temps un récit des faits historiques, se compose comme suit :

2445. **[Clément, C.]** L'art de vérifier les dates des faits historiques, des chartes, des chroniques... depuis la naissance de J.-C.; 4°, Paris, 1750. — 2e édit., fol., Paris, 1770; 3e édit., fol., Paris, 1787; édition continuée par *N. V. de Saint-Allais,* 18 vol. 8°, Paris, 1818-1819.

Une autre continuation, qui va jusqu'en 1827, commençant à 1770, a été donnée par *J. B. P. J. de Courcelles,* 19 vol. 8°, Paris, 1821-1844. Les continuations de l'Art de vérifier les dates n'ont de prix qu'au point de vue de l'historien.

2446. **[Clément, C.]** Art de vérifier les dates des faits historiques, des chroniques et autres anciens monuments avant l'ère chrétienne; fol., Paris, 1820. — Deux autres éditions de la même année, l'une 4°, l'autre 5 vol. 8°.

Publié par *N. V. de Saint-Allais,* d'après le manuscrit des bénédictins.

Voici l'indication des recherches d'érudition, par lesquelles on est parvenu, grâce aux observations astronomiques, à établir la concordance entre les ères diverses et notre calendrier.

2447. **Mercator, G.** Chronologia, hoc est temporum demonstratio exactissima, ab initio mundi usque ad annum domini 1568, ex eclipsibus et observationibus astronomicis omnium temporum summa fide concinnata; fol., Coloniae, 1569.

2448. **Scaliger, J. J.** Opus novum de emendatione temporum; fol., Lutetiae, 1583. — Réimpr., Lugduni Batavorum, 1598; Genevae, 1629.

2449. **Calvisius, S.** Opus chronologicum ex autoritate potissimum S. Scripturae et historicorum fide dignissimorum, ad motum luminarium coelestium tempora et annos distinguentium; 4°, Lipsiae, 1606. — 2e édit., fol., Francofurti, 1612; 3e édit., 1629; 4e édit., 1650; 5e édit., 1685.

Le titre des dernières éditions offre quelques variantes. L'auteur emploie près de trois cents éclipses pour régler sa chronologie. Les rapprochements entre les mouvements célestes et les époques de l'histoire sont établis avec beaucoup d'érudition.

2450. **Hohenburg, J. G. Herwart von.** Nova, vera et exacta ad calculum astronomicum revocata chronologia; 4°, Monachii, 1612.

2451. **Petavius [Petau], D.** Opus de doctrina temporum; 3 vol. fol., Parisiis, 1627-1636. — Réimprimé quatre fois. (Voir § 68, n° 867.)

2452. **Ricciolus, J. B.** Chronologia reformata et ad certas conclusiones redacta; fol. Bononiae, 1669.

2453. **Frank, J. G.** Prolusio [Novum systema] chronologiae fundamentalis, qua omnes anni ad Solis et Lunae cursum accurate describi... possunt; 4°, Gotingae, 1771. — Réimp., avec de légères modifications, fol., Gotingae, 1778.

Traduction.

Den återstålda bibliska calendern (par *J. Geringius*); 4°, Upsala, 1810.

2454. **Pilgram, A.** Calendarium chronologicum medii potissimum aevi monumentis accomodatum; 4°, Vindobonae, 1781.

CHAPITRE XV.

MARS.

§ 231. MOUVEMENTS ET TABLES.

Aristote parle d'une occultation de Mars par la Lune en quadrature (*Aristoteles,* De coelo, lib. II, cap. 12), dont la date a été fixée par *Képler* (Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 8, n° 5. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 322**) au 4 avril de l'an — 356.

Le 18 janvier — 271, Mars fut observé en appulse avec β Scorpii (**Ptolemaeus, MCo, lib. x, cap. 9**).

Une occultation de cette planète par la Lune, suivie par les Chinois à Si-gan-fou, le 14 février — 68 (*Gaubil,* dans **CdT, 1810, 300**. — Comparez : **London, MNt, XXXVII, 1877, 243**), est la plus ancienne occultation observée régulièrement, qui soit mentionnée dans l'histoire de la science.

La première opposition de Mars, constatée astronomiquement, fut celle dont *Ptolémée* détermina le moment, le 14 décembre de l'an + 130 (**Ptolemaeus, MCo, lib. x, cap. 7**).

Comme monographies sommaires de Mars, on peut citer :

2455. Arago, F. Mars. **Arago, Ape, IV, 1857, 121.**

2456. Proctor, R. A. The planet Mars. The intellectual observer, a review of natural history, 8°, London; vol. X, 1867, p. 466.

2457. [Falb, R.] Der Planet Mars. Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. X, 1877, p. 49.

Mars fut la première planète pour laquelle *Képler* trouva que l'orbite est elliptique, avec le Soleil à l'un des foyers (*Keplerus,* Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; p. 213. — Reproduit : **Keplerus, Opa, III, 1860, 401**). C'est de toutes les planètes supérieures celle dont l'excentricité est le plus considérable. Cet élément a pour Mars

une grande importance; aussi a-t-il fait souvent l'objet de recherches spéciales. Parmi les discussions destinées à fixer la valeur E de la plus grande équation du centre, il faut citer les suivantes :

J. Cassini, d'après les observations de *Ptolémée,* pour l'an + 134 (Cassini, Elm, 1740, 472),

$$E = 10^\circ 49'.$$

J. J. de Lalande, par les oppositions depuis 1762 jusqu'en 1775 (Paris, H & M, 1775, 232),

$$E = 10^\circ 10' 47''.$$

Lichtenberg, d'après *T. Mayer* (BaJ, 1792, 105),

$$E = 10^\circ 40' 34''.$$

Oriani, pour l'époque 1750 (EpM, 1801, 85),

$$E = 10^\circ 41' 15'',5 + 0'',372\, t.$$

Ici, ainsi que dans tout ce qui suit, la lettre t représente le nombre d'années juliennes écoulées depuis l'époque.

Triesnecker, pour l'époque 1750 (EpV, 1805, app.; comparez : MCz, II, 1800, 350, 351),

$$E = 10^\circ 41' 9'',5 + 0'',363\,5\, t.$$

Von Lindenau, pour l'époque 1800 (Tabulae Martis; 4°, Eisenberg, 1811),

$$E = 10^\circ 41' 33'',1 + 0'',373\,5\, t.$$

Le Verrier, pour l'époque 1850 (Paris, MOb, VI, 1861, 344),

$$E = 10^\circ 41' 51'',48 + 0'',394\,7\, t.$$

La position du périhélie avait d'autant plus d'intérêt qu'en raison de la grande excentricité, elle est facile à déterminer, et qu'ainsi le mouvement de la ligne des apsides, déduit de l'observation, permettait une comparaison importante avec celui fourni par la théorie. *J. Cassini,* en discutant les observations de *Ptolémée,* plaçait ce périhélie, en + 135, par la longitude de 299° 24'; et d'après les observations de Greenwich et de Paris, de 1691 à 1700, il trouvait 330° 31' 34" pour l'époque 1696 (Cassini, Elm, 1740, 478). Il en résultait un mouvement annuel de 71",8, d'environ $5\frac{1}{2}''$ plus fort que celui fourni par la théorie.

Pour la longitude du nœud, le point de repère le plus ancien, d'une certaine exactitude, est celui que *J. Cassini* a fixé d'après les observations de *T. Brahé,* qui lui donnent, réduit au commencement de 1596, pour le nœud ascendant, 46° 24′ 39″ (Cassini, Elm, 1740, 488). *Delambre,* en comparant entre elles les observations de *T. Brahé, J. Cassini, Flamsteed* et *La Caille* a trouvé le mouvement du nœud de + 28″ par an (Lalande, Ast_3, II, 1792, 93).

Les inégalités du mouvement elliptique de Mars sont calculées dans les mémoires dont voici les titres :

2458. Lalande, J. J. de. Mémoire sur les inégalités de Mars produites par l'action de Jupiter. Paris, H & M, 1758, 12.

2459. Lalande, J. J. de. Mémoire sur les inégalités de Mars produites par l'action de la Terre. Paris, H & M, 1761, 259.

2460. Schubert, F. T. De perturbatione motuum Martis. Petropolis, NAc, X, 1797, 419,

2461. Zach, F. X. von. Gleichungen des Mars. BaJ, Sup, III, 1797, 4.

2462. Schubert, F. T. Sekular- und periodische Gleichungen des Mars durch die Wirkung der Planeten.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg; t. III, 1798, p. 225, 226.

2463. Oriani, B. De aequationibus motus Martis ab attractione aliorum planetarum prodeuntibus. EpM, 1800, 65. — Reproduit : *von Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. IV, 1799, p. 259.

2464. Wurm, J. F. Ueber die Störungen des Planeten Mars. MCz, II, 1800, 41.

Avec une correction : MCz, VII, 1803, 493.

2465. Wurm, J. F. Störungen des Mars durch Venus, Erde und Jupiter, berechnet. BaJ, 1802, 148.

2466. Laplace, P. S. de. Théorie de Mars. Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 11.

2467. Schubert, F. T. Théorie de Mars. Petropolis, NAc, XIV, 1805, 674, 695.

2468. Schubert, F. T. Inégalités séculaires et inégalités périodiques de Mars.

Dans son Traité d'Astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; t. III, 1834, p. 395, 396.

2469. Pontécoulant, G. de. Théorie de Mars.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, 1834, p. 428.

2470. Le Verrier, U. J. Théorie du mouvement de Mars. Paris, MOb, VI, 1861, 185, 413.

2471. Neison, E. On terms of long period in the mean motion of Mars. London, MNt, XXXVIII, 1878, 457.

Il y a un aperçu historique sur la théorie et les tables de Mars, par *von Lindenau*, dans MCz, XXIII, 1811, 209.

Voici maintenant la liste des tables modernes de la planète Mars :

2472. Hell, M. Tabulae planetarum ... Martis ...; 8°, Viennae, 1764.

D'après les tables de *J. Cassini*.

2473. Triesnecker, F. v. P. Tabulae Martis emendatae. EpV, 1789, app. — Nouvelle édition, EpV, 1805, app.

2474. Lalande, J. J. de & Lalande, M. J. J. de. Tables de Mars. CdT, 1790; 281. — Nouvelle édition, CdT, an XII [1804], 334.

2475. Lindenau, B. de. Tabulae Martis novae et correctae; 4°, Eisenberg, 1811.

2476. Le Verrier, U. J. Tables générales du mouvement de Mars. Paris, MOb, VI, 1861, 309.

Nous choisirons comme éléments de Mars, les suivants, qui ont été successivement les plus réputés.

Nous représentons toujours par la lettre t le nombre d'années juliennes écoulées depuis l'époque.

1800. ORIANI, par une discussion des observations modernes (**EpM, 1801, 82, 96**).

Époque 1750, janv. 0j,0 t. m. Paris.

Longitude moyenne	21°58′ 52″,5 +	689 051″,008 t,
— du périhélie	331 28 15.7 +	66.0 t,
— du nœud ascendant .	47 37 56.0 +	26,6 t,
Inclinaison.	1 51 2.4 —	0,0 t,
Excentricité.	0,093 173 7 +	0,000 000 898 t.

1801. M. J. J. DE LALANDE, par les observations modernes. (**CdT, an XII [1804], 334**).

Époque 1800, janv. 0j,0, t. m. Paris.

Longitude moyenne	252°34′ 9″,6 +	688 629″,4 t,
— du périhélie	332 23 17 +	67,0 t,
— du nœud	48 1 1 +	27.33 t,
Inclinaison	1 51 3.5 —	0 t,
Plus grande équation du centre.	10 41 34,8 +	0,370 t.

1811. VON LINDENAU, par les observations du siècle dernier (Tabulae Martis novae et correctae; 4°, Eisenberg).

Époque 1800, janv. 0j,0 t. m. Seeberg.

Longitude moyenne	252°33′ 25″,2 +	689 082″,240 4 t,
— du périhélie	332 22 51,0 +	65,826 t,
— du nœud	47 59 38,4 +	25,00 t,
Inclinaison	1 51 6.2 —	0.001 5 t,
Excentricité	0,093 216 8 +	0,000 000 901 76 t.

1861. LE VERRIER, par la discussion des observations de Greenwich et de Paris (**Paris, MOb, VI, 509, 510**).

Époque 1850; janv. 1j,0 t. m. Paris.

Longitude moyenne. . .	83°40′ 31″,33 +	689 101″,033 75 t +	0″,000 113 41 t^2,
— du périhélie .	333 17 53,67 +	66.241 1 t +	0,000 120 93 t^2,
— du nœud. . .	48 23 53.1 +	27,992 t —	0,000 217 t^2,
Inclinaison	1 51 2.28 —	0.024 31 t +	0.000 009 45 t^2,
Excentricité	0,093 261 13 +	0,000 000 954 08 t —	0,000 000 000 012 t^2.

Pour l'observateur placé sur la planète Mars, la Terre doit, à de certains intervalles, passer devant le disque du Soleil. Ainsi que *Marth* en a fait la remarque, un phénomène de ce genre a dû arriver, par exemple, le 12 novembre 1879 (**London, MNt, XXXIX, 1879, 513**).

§ 232. DIAMÈTRE.

Les mesures ci-dessous du diamètre de Mars sont exprimées par rapport à la distance 1, ou distance moyenne de la Terre au Soleil.

Valeurs attribuées au diamètre de Mars.

Avant l'invention du télescope.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
860 ∓ Alfragan. (*Alfraganus,* Elementa astronomica [A]; diff. xxii.)	94″	»
880. Albategnius. (De motu stellarum [A]; cap. 50.)	94	»
1528. Fernel. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. i.)	89	»
1568. Urstitius. (Theoricae novae planetarum Purbacchii; 8°, Basileae.)	480	»
1577. E. Danti. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4°, Bologna; n° xxii.)	88	»
1602. T. Brahé. (Braheus, AiP, 1602, 468. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 294.)	100	»

En faisant usage du télescope.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1620. Képler. (Keplerus, Epi, fasc. II, 485. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 526.)	256	»
1633. Van den Hove. (*Hortensius,* Dissertatio de Mercurio in Sole viso et Venere invisa; 4°, Lugduni Batavorum.)	36,5	»
1644. Hérigone. (*Herigonus,* Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis; t. V, p. 62.)	36	»
1651. F. M. Grimaldi. (Ricciolus, Alm, I, 1651, 708. — Comparez : Ricciolus, Ara, I, 1665, 357.)	22,0	»
1659. Huygens, au micromètre. (*Hugenius,* Systema saturnium, 4°, Hagae Comitis. — Reproduit : *Hugenius*, Opera varia, édit. 1724, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum; vol. II, p. 591.)	19,7	»
1735. Martin, d'après les données de *Whiston.* (*Martin, B.,* Grammatica philosophica; 8°, London.)	13,6	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1746. Le Monnier, d'après *Huygens*. (Lemonnier, Ins, 556.)	9",9	»
1772. Picard, au micromètre. (Voyage d'Uraniborg [1680], observ. à la suite, p. 34; dans Paris, ROb, 1693. — Reproduit : Paris, His, VII, 1730, 330. Aussi dans ses OEuvres mathématiques; 4°, Amsterdam, 1736.)	11,4	»
1777. Rochon, avec son micromètre à double image. (Recueil de mémoires sur la mécanique et la physique, 8°, Paris, 1783; p. vj.)	10,2	»
1784. W. Herschel, au micromètre, par ses observations de 1781-1783. (London, PTr, 1784, 271, 273.)	9,13	$\frac{1}{16,3}$
1790. Maskelyne. (Cité par *Hind*, The solar system; 8°, London, 1851.)	»	Insensible.
1798. Köhler, au micromètre. (*Von Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. II, 1798, p. 494.)	9,096 4	$\frac{1}{80,8}$
1797. Schroeter, par ses observations micrométriques de 1798. (Manuscrit cité par *Terby* dans Bruxelles, Mcr, XXXVII, 1873, n° 5; p. 30, 26. — — Comparez : BaJ, 1802, 104 et MCz, II, 1800, 73.)	9,84	$< \frac{1}{81}$
1824. J. J. Littrow. (Theoretische und practische Astronomie, 3 vol. 8°, Wien; vol. II, p. 389.)	8,87	»
1825. Harding. (BaJ, 1828, 173.)	»	Douteux.
1837. Bessel, observations micrométriques à Königsberg, aux oppositions de 1830-1837. (Königsberg, Beo, XXIII, 94-96. — Calculé par *Oudemans*, dans ANn, XXXV, 1853, 351.)	9,327 86	Insensible.
1847. Arago, au micromètre à double image, par ses observations de 1845-1847. (Arago, OEu, XI, 1859, 254.)	9,57	$\frac{1}{[illegible]}$
1852. M. J. Johnson, avec l'héliomètre d'Oxford. (Oxford, Res, XI, 292.)	8,992	Disque allongé.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1854. Peirce, par les observations de 1845 et 1846 au mural de Washington. (AJl, III, 10.)	10″,110	»
1855. Main, au micromètre à double image. (London, MAS, XXV, 48.)	9,84	$\frac{1}{62}$
1856. Gilliss, au micromètre filaire; calculé par *Gould*. (The U. S. naval astronomical expedition to the Southern hemisphere, 4°, Washington; vol. III, p. cclxxxv.)	13,26	»
1858. Winnecke, par ses mesures micrométriques de 1856. (ANn, XLVIII, 97.)	9,213	Insensible.
1861. Le Verrier, valeur adoptée dans ses tables. (Paris, MOb, VI, 412.)	11,10	»
1862. Main, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXII, 169.)	9,38	$\frac{1}{46,58}$
1864. Main, par les mesures micrométriques d'Oxford, à l'opposition de 1862. (London, MAS, XXXII, 112.)	9,377	$\frac{1}{37,59}$
1864. Main, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXIV, 178.)	9,18	»
1864. Kaiser, par ses mesures micrométriques à Leide, à l'opposition de 1862. (ANn, LXII, 52.)	9,518	$\frac{1}{118}$
1864. Winnecke, en discutant les observations de passages de Poulkova. (St Pétersbourg, Mém, VI, n° 7. — Réduit pour la phase par *Engelmann*, dans ANn, LXXXII, 1873, 348.)	9,83	»
1864. Dawes, au micromètre (*Webb*, Celestial objects for common telescopes, 16°, London; 3e édit., 1873, p. 136; 4e édit., 1881, p. 147.)	»	Insensible.
1865. J. F. J. Schmidt, par ses mesures micrométriques de 1845. (ANn, LXV, 101.)	9,436	»
Par celles de 1854 et de 1856. (Ibid.)	9,734	»
1871. Main, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXXI, 219.)	9,23	$\frac{1}{70,9}$

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1873. ENGELMANN, par ses mesures micrométriques à l'opposition de 1873. (ANn, LXXXII, 345.)	9",403	»
1873. MAIN, par des mesures micrométriques à Oxford. (Oxford, Res, XXXIII, 220.)	9,185	$\frac{1}{35,5}$
1878. H. S. PRITCHETT, par ses mesures micrométriques à l'opposition de 1877. (ANn, XCIII, 377.) . . .	9,870	Insensible.
1879. HARTWIG, par ses mesures à l'héliomètre, en 1877-1878. (Leipzig, Pub, XV, 46.)	9,421	$\frac{1}{77,86}$
1880. H. S. PRITCHETT, par ses observations micrométriques de 1879. (ANn, XCVII, 73.)	9,486	»
1880. C. A. YOUNG, au micromètre. (AJS_3, XIX, 206.) . .	»	$\frac{1}{219}$
1881. DOWNING, par les observations au cercle méridien de Greenwich, en 1851-1865. (London, MNt, XLI, 44.)	9,697	»
1881. E. J. STONE, en discutant les observations de Greenwich au cercle méridien, en 1851-1865. (London, MNt, XLI, 150.)	10,73	»

Indépendamment des mesures précédentes, il existe un certain nombre d'observations qui n'ont pas été réduites. Parmi celles-ci, on peut indiquer, comme constituant les sources les plus importantes :

2477. Zach, F. X. Von. Mars. BaJ, Sup, II, 1795, 30.

Mesures par divers astronomes du XVIII[e] siècle.

2478. Encke, J. F. & Galle, J. G. Mars Durchmesser. Berlin, Beo, I, 1840, 146; III, 1848, 255.

Mesures de 1836-1839 et de 1843. Outre les diamètres, il y a des angles de position de la tache polaire septentrionale.

2479. Secchi, A. Osservazioni di Marte fatte durante l'opposizione nel 1858. Roma, MOs_3, I, 1859, 17.

2480. Ellery, R. L. J. Observations of polar and equatoreal diameter of Mars, near opposition 1877. London, MNt, XXXVIII, 1878, 409.

A l'aide d'un équatorial de 0m,20 d'ouverture et de 33m,7 de longueur focale.

§ 233. MASSE.

La première évaluation de la masse de Mars était purement hypothétique. *L. Euler* l'avait donnée, en même temps que celle des masses de Mercure et de Vénus, ainsi qu'on l'a dit plus haut (§ 176 et 184). Voyez Paris, Rec, VIII, 1771, 123. Nous passerons immédiatement aux valeurs obtenues d'une manière directe. Les chiffres expriment la masse du système de Mars, comprenant la planète et ses deux satellites, en fonction de la masse du Soleil prise pour unité.

Valeurs attribuées à la masse de Mars.

1802. Delambre, par les perturbations de la Terre. (Laplace, TMc, III, liv. vi, ch 16, n° 44.) . . . . $\frac{1}{2\,546\,320}$

1806. Piazzi, d'après sa discussion des observations du Soleil. (Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; libro vi, p. 50. — Comparez MCz, XVI, 1807, 191.) . . . . $\frac{1}{3\,588\,500}$

1813. Burckhardt, par les perturbations de la Terre. (CdT, 1816, 343.) $\frac{1}{2\,680\,337}$

1817. J. J. Littrow, en comparant les observations du Soleil faites à Greenwich avec les tables de *de Zach*. (BaJ, 1820, 164.) . . . $\frac{1}{4\,448\,000}$

1828. Airy, en corrigeant les tables du Soleil de *Delambre* par les observations de Greenwich de 1816 à 1826. (London, PTr, 1828, 30.) $\frac{1}{3\,734\,602}$

1853. Hansen & Olufsen, par les perturbations de la Terre. (Tables du Soleil, 4°, Copenhague; p. 1) . . . . $\frac{1}{3\,200\,900}$

1858. Le Verrier, par les perturbations de la Terre. (Paris, MOb, IV, 102.) $\frac{1}{2\,994\,790}$

1876. Powalky, en comparant les observations du Soleil de Dorpat, en 1823-1839, aux tables de *Hansen & Olufsen*. (ANn, LXXXVIII, 257.) . . . . $\frac{1}{2\,876\,000}$

1876. Le Verrier, par les perturbations de Jupiter. (Paris, MOb, XII, 9.) $\frac{1}{2\,812\,526}$

1878. A. Hall, par les observations des satellites. (Observations and orbits of the satellites of Mars, 4°, Washington; p. 37.). . . . . . $\frac{1}{3\,093\,500}$

1878. H. S. Pritchett, en discutant les observations des satellites de *A. Hall*. (ANn, XCIII, 380) . . . . $\frac{1}{3\,075\,440}$

§ 234. ROTATION.

En 1636, *F. Fontana* observa que le disque de Mars n'est pas uniforme : il y nota une tache. Celle-ci présentant des variations dans son aspect, il soupçonna, dès 1638, conjointement avec *Zucchi,* la rotation de cette planète (*F. Fontana,* Novae cœlestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. vi, cap. 1, p. 105, 106. — Comparez : **Ricciolus, Alm, I, 1651, 486**; aussi **Ricciolus, Ara, I, 1665, 372**). Mars fut donc la première planète dont on remarqua la rotation autour d'un axe intérieur.

Toutefois cette intéressante observation passa en quelque sorte inaperçue. *Huygens* fut le premier à y revenir. On voit par ses manuscrits, qui sont à Leide, qu'en 1659, il avait observé la rotation de Mars (*Kaiser,* dans Tijdschrift voor de wis- en natuurkundige wetenschappen, letterkunde en schoone kunsten te Amsterdam, 8°, Amsterdam; vol. I, 1848, p. 8). *J. D. Cassini* ne publia une observation semblable que quelques années plus tard ; mais il confirmait le fait par une étude suivie et convaincante (*Cassini, J. D.,* Martis circa proprium axem revolubilis; 4°, Bononiae, 1666. — Traduit en italien dans la Galleria di Minerva, année 1696, p. 186). Il fut le premier, comme on va le voir, à mesurer la durée de cette rotation.

Valeurs attribuées à la durée de la rotation de Mars.

1666. J. D. Cassini. (De periodo quotidiano revolutionis Martis; 4, Bononiae.) 24h 40m

1706. J. P. Maraldi, par ses observations de 1704. (**Paris, H & M, 1706, 74**.) 24 39

1720. J. P. Maraldi, par ses observations de 1719. (**Paris, H & M, 1720, 144**.) 24 40

1784. W. Herschel, par 6 années d'observations. (**London, PTr, 1784, 233**.). 24 37 27s

1792. Schroeter, par ses observations de 1787 et 1792. (*Terby,* dans **Bruxelles, Mcr, XXXVII, 1873, n° 5, p. 20**.) . . 24 39 50,2

1805. Huth, par ses observations à Mannheim. (**AdP, XIX, 246**.). 24 45

1822. Kunowsky, par ses observations en 1821 et 1822. (**BaJ, 1824, 226**. — Calculé par **Beer & Mädler, Frg, 1840, 149** (**Bei, 1841, 110**.)). 24 37 23,7

1840. W. Beer & Mädler, par 4½ ans d'observations. (**Beer & Mädler, Frg, 1840, 168** (**Bei, 1841, 121**.)). 24 37 23,7

1847. O. M. Mitchel, en comparant ses observations de 1845 à celles de *Mädler* en 1830. (SMr, I, 1848, 101.) . . . 24h 37m 20s,6

1859. Secchi, par plusieurs années d'observations. (Rome, MOs3, I, 1859, 19,) 24 37 35

1864. Linsser, en comparant ses observations de 1862 à celles de *Mädler* en 1830 et de *Mitchel* en 1845. (WfA, VII, 119.) 24 37 22,9

1864. Kaiser, en reliant les observations modernes à celles de *Huygens* en 1672. (ANn, LXII, 51.) 24 37 22,62

1865. Joynson, par 6 années d'observations. (London, MNt, XXV, 167.) 24 37 39

1866. R. Wolf, en comparant ses observations de 1864 à celles de *Secchi* en 1862. (Zurich, Vjh, XXI, 362. — Reproduit : Wolf, Mth, III, 1872, n° xxii, 52.) 24 37 22,9

1868. Proctor, en rattachant entre elles les observations de *Hooke* en 1666, de *W. Herschel* en 1783 et de *Dawes* en 1856-1867. (London, MNt, XXVIII, 1868, 39. — Comparez : XXIX, 1869, 232.). 24 37 22,735

1873. J. F. J. Schmidt, en comparant ses observations de 1845-1873 à celles de *Huygens* en 1672. (ANn, LXXXII, 329.). 24 37 22,57

1877. Cruls, d'après 68 rotations à l'opposition de 1877. (Paris, Crh, LXXXV, 1062.) 24 37 34

La direction de l'axe de rotation n'a été déterminée qu'un petit nombre de fois, mais ces déterminations sont concordantes.

Nous désignons respectivement par L et par λ la longitude et la latitude de l'extrémité boréale de l'axe de rotation de Mars, par N et par i la longitude du nœud ascendant de la planète sur son orbite, et l'inclinaison mutuelle de l'équateur et de l'orbite, enfin par E l'époque.

On a trouvé :

1784. W. Herschel, par ses observations de 1781-1783. (London, PTr, 1784, 257.)

$$E = 1783,0 \qquad L = 347^\circ 47' \qquad N = 259^\circ 28'$$
$$\lambda = +59\ 42 \qquad i = 28\ 42$$

1798. SCHROETER, par ses observations en 1798. (Manuscrit examiné par *Terby*, dans Bruxelles, Mcr, XXXVII, 1873, n° 5, p. 28, 29. — Comparez *Olbers*, dans *von Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, 1799, p. 114.)

E = 1798,0	L = 352° 54′ 44″	N = 264° 53′ 35″
	λ = + 60 35 12	i = 27 56 51

1853. OUDEMANS, en calculant les observations de *Bessel* de 1830-1837. (ANn, XXXV, 354.)

E = 1833,5	L = 349° 1′	N = 260° 50′
	λ = + 61 9	i = 27 16

1881. SCHIAPARELLI, par ses observations de 1877 et 1879. (Roma, Tra, V, 267.)

E = 1880,0	L = 354° 28′,3	N = 266° 47′,7
	λ = + 63 39,4	i = 24 52,0

On verra plus loin, au § 237, la position des plans de circulation des satellites.

§ 235. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

La plus ancienne comparaison photométrique de Mars que l'on connaisse, est celle qu'*Olbers* fit, en 1801, de cette planète avec α Tauri dont il était voisin. (MCz, VIII, 1803, 293.) Le 23 février de cette année, il trouva que Mars égalait cette étoile en éclat.

En 1846, *Seidel* fit ses premières mesures photométriques de Mars. (Bulletin der Akademie der Wissenschaften zu München, 4°, München; année 1846, p. 301. — Reproduit : Gelehrte Anzeigen herausgegeben von Mitgliedern der Baierischen Akademie, 4°, München; vol. XXIII, 1846, p. 9.) Suivant ces mesures

$$\text{Mars en opposition} = \begin{cases} 6{,}80 \times \alpha \text{ Lyrae}, \\ 18{,}89 \times \alpha \text{ Tauri}. \end{cases}$$

Toutefois, ce n'est que plus tard qu'il publia des résultats plus satisfaisants. (*Seidel*, *P. L.*, Untersuchungen über die Lichtstärken der Planeten, p. 19 et 21, dans le volume de la *Bayerische Akademie der Wissenschaften* intitulé Monumenta saecularia, 4°, München, 1859). Par des comparaisons faites à l'aide du photomètre objectif de *Steinheil*, il donna

$$\text{Mars en opposition} = 2{,}97 \times \alpha \text{ Lyrae}.$$

Zöllner a trouvé, avec son photomètre (*Zöllner, J. C. F.*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 151, 292),

$$\text{Mars en opposition} = \frac{1}{6\,994\,000\,000} \times \text{Soleil};$$

et

Albedo de Mars. . . . . . 0,267 2.

Cette détermination photométrique répond à une grandeur d'étoiles — 2,25.

J. F. J. Schmidt a déterminé, par de nombreuses observations, les dates auxquelles Mars devient égal en éclat à diverses étoiles de première grandeur. Appelant r le rayon vecteur de la planète à un instant donné et Δ sa distance à la Terre au même instant, il trouve, par exemple, que

$$\text{Mars} = \alpha \text{ Canis majoris, quand Log } \frac{1}{\Delta^2 r^2} = \bar{1},944$$

$$\text{Mars} = \alpha \text{ Tauri, } \quad » \quad » \quad \bar{1},258$$

Son tableau contient les comparaisons avec 11 étoiles. (ANn, XCVII, 1880, 95.)

De nouvelles comparaisons entre Mars et α Tauri ont été faites récemment par *J. L. McCance*, sur le même principe (ARr, XVIII, 1880, 114). Les résultats n'en ont pas été calculés.

La couleur rouge de Mars est bien connue. Voyez à ce sujet une note de *Moesta*, dans ANn, XLIV, 1856, 340. *Zöllner* assigne à Mars la cote 59°,6 par son colorimètre (ANn, LXXI, 1868, 529).

Il y a des études sur le spectre de Mars, par :

Huggins, W., On the spectrum of Mars, with some remarks on the colour of that planet. Dans London, MNt, XXVII, 1867, 178. — Reproduit : PMg_4, XXXIV, 1867, 74.

Vogel, H. C. Das Spectrum des Mars. Dans Bothkamp, Beo, I, 1872, 66.

Vogel, H. C. Untersuchungen über das Spectrum des Mars. Dans APC_1, CLVIII, 1876, 465.

§ 236. CONSTITUTION PHYSIQUE.

Képler fut le premier à signaler les phases de Mars (**Keplerus, Epi, fasc. III, 1622, 845.** — Reproduit : **Keplerus, Opa, VI, 1866, 486**). Ces phases furent constatées et suivies par *de Rheita* (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; lib. IV, cap. 5) et par *Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 42, 66).

On a vu tout à l'heure que, dès 1636, *F. Fontana* avait fait les premières observations des taches. Il donne deux dessins (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. VI, cap. 1, p. 105). Ces dessins ont été reproduits dans **Ricciolus, Alm, I, 1651, 486.** *Bartoli,* se servant d'un télescope de *Sirsalis,* avait distingué plusieurs taches, en 1644 (Communication manuscrite dans **Ricciolus, Alm, I, 1651, 486.** — Comparez : **Ricciolus, Ara, I, 1665, 572.**)

Parmi les observations anciennes les plus importantes, il convient d'en citer deux, qui ont permis de fixer deux points éloignés dans le calcul de la rotation de Mars. L'une a été faite par *Huygens* en 1656 (*Hugenius,* Systema Saturnium, 4°, Hagae Comitis, 1659; p. 6. — Reproduit : *Hugenius,* Opera varia, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum, édit. 1724, vol. II, p. 540), l'autre par *Hooke,* en 1666 (**London, PTr, 1666, 251**).

La remarque la plus intéressante que l'on fit ensuite, fut due à *J. P. Maraldi,* qui distingua, en 1716, la tache claire située dans la partie septentrionale du globe de Mars, et qui émit immédiatement l'opinion qu'il s'agissait d'une calotte de glaces polaires (**Paris, H & M, 1720, 144**).

Un pas de plus fut accompli, lorsque *W. Herschel* eut déterminé la situation de l'axe de rotation de la planète, et que l'on put voir, qu'à peu de différence près, les taches brillantes formaient en effet des calottes sur les pôles (**London, PTr, 1784, 234**).

W. Beer & Mädler ont étudié, plus tard, les variations de ces calottes polaires, dans leur relation avec les saisons aréologiques, et constaté que le plus grand rétrécissement de chacune de ces taches correspond à un moment un peu postérieur au solstice d'été de l'hémisphère correspondant de Mars (**Beer & Mädler, Frg, 1840, 173** (**Bei, 1841, 123**)). Aussi ces astronomes n'hésitent-ils pas à conclure que les taches polaires de cette planète sont formées d'un dépôt analogue à la neige de la Terre (**Ibid., 174 (124)**). *Lassell* a corroboré ces idées dans un mémoire important (**London, MAS, XXXII 1864, 186**).

Nous devons cependant ajouter que, dans ces derniers temps, *Brett* a émis l'opinion que ces taches blanches sont des nuages, qui, pour lui, sont élevés au-dessus du disque, et qu'il croit porter ombre (**London, MNt, XXXVIII, 1878, 61**).

Les calottes polaires éclatantes ne sont pas exactement centrées sur les pôles de Mars. On trouvera, dans les mémoires indiqués plus haut (§ 234), à l'occasion de la durée de la rotation de la planète, l'estimation de cette excentricité. Nous prenons les chiffres relatifs à la tache australe, qui est plus facile à voir dans les oppositions les plus rapprochées de la Terre.

Excentricité attribuée à la tache polaire australe de Mars.

1783.	W. Herschel. (London, PTr, 1784, 255.)	8° 8′	
1830.	Bessel. (Königsberg, Beo, XXIII, 1847, 94, 95.)	6 56	
1837.	W. Beer & Mädler. (Beer & Maedler, Frg, 1840, 164 (Bei, 119)).	8 0	[*]
1862.	Kaiser. (Annalen der Sternwarte in Leiden, vol. III, p. 83, 84.).	4 16	
1877.	A. Hall. (ANn, XCI, 1878, 223.)	5 11	
1877.	Schiaparelli. (ANn, XCI, 1878, 279.)	6 9	

Deux observations présentent de grandes discordances avec les précédentes : l'une de *Secchi*, en 1858, qui a trouvé pour cette excentricité un chiffre correspondant à 17° 42′ (Roma, MOs$_3$, I, 1859, 21); l'autre de *Linsser*, en 1862, qui donne « environ 20° » (WfA, VII, 1864, 118).

Il paraît incontestable que Mars est entouré d'une atmosphère. Déjà *J. D. Cassini* avait été frappé du déplacement apparent de l'étoile ψ Aquarii, lorsque la planète s'en était approchée (*Cassini, J. D.*, Observations astronomiques faites en divers endroits du royaume pendant l'année 1672, p. 42, 45. — Inséré dans Paris, ROb, 1693). *W. Herschel* concluait, de tout ce qu'il avait observé, à une atmosphère d'une densité notable (London, PTr, 1784, 273). *South* a fait de ce point une étude particulière, qui le conduit aux mêmes déductions (London, PTr, 1831, 417; 1833, 15). Les analogies entre la constitution de Mars et celle de la Terre se sont renforcées, à mesure du progrès des notions.

Aussi, les marques observées à la surface de la planète sont-elles généralement considérées comme un tracé général de terres et d'eaux. Les parties sombres doivent être regardées comme les mers, et les parties plus claires comme les régions solides. Ce point a été fixé par *Galilée*, cherchant à se représenter l'aspect de notre globe, tel qu'on le verrait d'une autre planète. Un des personnages de son célèbre dialogue, Salviati, expose clairement que les continents paraîtraient plus brillants que les mers (*Galilei*, Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo, 4°, Firenze, 1632; part. I. — Reproduit : Galilei, Ope, I, 1842, voir p. 72). On possède aujourd'hui de véritables mappes-mondes de Mars.

[*] Non pas 12° 0′, comme *A. Hall* l'a cité par inadvertance. Ce chiffre de 12° est la somme des excentricités des deux calottes.

Avant de tracer ces mappes-mondes, il fallait réunir un certain nombre de dessins. Les astronomes du XVIIe et du XVIIIe siècle ne nous en ont laissé que d'assez isolés et d'imparfaits.

L'observation de *Huygens* de 1656, et les anciens dessins de *Hooke*, de *J. D. Ca-sini*, de *Campani* et de *J. P. Maraldi*, sont reproduits dans l'Atlas coelestis de *Doppelmayr*, fol., Norimbergae, 1742. *Terby* a donné une explication des figures prises, en 1666, par *J. D. Cassini*, *Campani*, *Serra* et *Hooke* (Bruxelles, Bul_2, XLIII, 1877, 348).

En outre, une nomenclature générale des dessins connus de la planète Mars, a été insérée par *Kaiser*, dans les Annalen der Sternwarte in Leiden, 4°; vol. III, Haag, 1872, p. 7-26.

On est ainsi arrivé par degrés à réunir les éléments de mappes-mondes plus ou moins complètes. La première de ces cartes génerales a été esquissée par *W. Beer* & *Mädler* en 1837 (ANn, XV, 1838, 219. — Reproduit, comme on le voit ci-dessous, à la liste des mappes-mondes de Mars). Les progrès accomplis depuis cette époque sont réellement immenses. En effet, un caractère nouveau a été imprimé à l'aréographie par la découverte des canaux qui sillonnent la surface de Mars.

Le terme « canal » pour désigner certaines branches des taches obscures, paraît pour la première fois dans une communication de *Secchi* (ANn, XLIX, 1859, 74). Mais c'est à *Schiaparelli* qu'est due la généralisation de cette conception, et c'est cet astronome qui, à ce point de vue, a le premier mis dans tout son jour la constitution particulière de Mars (Roma, Mem, II, 1878, 308)

On trouvera des mappes-mondes de Mars insérées dans les ouvrages suivants :

W. Beer & *Mädler*, dans ANn, XV, 1838, 219. — Reproduit dans Beer & Mädler, Frg, 1840 (Bei, 1841); dans les différentes éditions de la Populäre Astronomie de *Mädler* (voir § 20, n° 99); et dans *Guillemin*, Le ciel, 8°, Paris, 1864; pl. v. — Deux hémisphères en projection polaire.

J. Phillips, dans London, Pro, XIV, 1865, 52. — Carte générale de Mars, sur la projection de Mercator, d'après les observations de 1864, reproduit avec additions dans The quarterly journal of science, 8°, London; vol. II, 1865, p. 369. Il est à remarquer que, sur sa mappe-monde, l'auteur écrit le mot « land », c'est-à-dire terre, sur les régions obscures, contrairement à l'opinion générale des aréographes.

Proctor, Chart of Mars from drawings by *Mr. Dawes*; plano, London, 1873. — Cette mappe-monde d'après la projection de Mercator contient la première nomenclature proposée pour les taches de Mars. Elle est reproduite, en réduction, dans la 3e et dans la 4e édit. de *Webb*, Celestial objects for common telescopes, 16°, London, art. Mars; ainsi que dans *Klein*, Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 8°, Braunschweig, 1880, p. 245. Les noms choisis sont, en général, ceux des astronomes qui se sont occupés de l'étude physique de Mars.

Flammarion, dans son ouvrage Les terres du ciel, 8°, Paris, 1877, p. 424. — L'auteur propose, sans raisons bien évidentes, de grands changements à la nomenclature.

Schiaparelli, dans **Roma**, **Mém**, **II**, **1878**, **308**. — Dans ce planisphère de Mercator, la nomenclature est complétée et modifiée, afin de l'adapter aux découvertes de l'auteur. Il y en a une reproduction réduite dans *Klein*, Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 8°, Braunschweig, 1880; p. 249.

Green, dans **London**, **MAS**, **XLIV**, **1879**, **125**. — Planisphère résumant ses observations à l'opposition de 1877.

Harkness, dans **London**, **MNt**, **XL**, **1880**, **15**. — Mappe-monde sur la projection de Mercator.

Schiaparelli, Mappa areographica 1879, dans **Roma**, **Mem**, **X**, **1881**, tav. III; sur la projection de Mercator. En outre : Mars 1879, ibid., tav. IV, en deux hémisphères sur projection polaire. — Dans la première de ces cartes, la nomenclature est de nouveau refondue, pour l'adapter à la constitution de la planète. Les noms sont empruntés pour la plupart à la géographie ancienne.

Les grands travaux relatifs à l'étude physique de Mars peuvent être indiqués de la manière suivante :

2481. **Maraldi, J. P.** Observations sur les taches de Mars. **Paris**, **H & M**, **1720**, **144**.

2482. **Herschel, W.** On the remarkable appearances at the polar regions of the planet Mars, the inclination of its axis, the position of its poles, and its spheroidical figure, with a few hints relating to its real diameter and atmosphere. **London**, **Ptr**, **1784**, **233**.

2483. **Schroeter, J. H.** Areographische Fragmente [1798].

Cet ouvrage, auquel sont joints de nombreux dessins, est resté inédit. Le manuscrit se trouve aujourd'hui à la bibliothèque de l'Observatoire de Leide. *Terby* en a donné une notice détaillée dans **Bruxelles**, **Mcr**, **XXXVII**, **1873**, n° 5.

2484. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Mars. **Beer & Mädler**, **Frg**, **1840**, **147** (**Bei**, **1841**, **107**).

2485. **Gruithuisen, F. v. P.** [Observations physiques de Mars à diverses oppositions successives, depuis 1813 jusqu'en 1847.] Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1839, p. 72; année 1840, p. 98; année 1841, p. 109; année 1842, p. 155, année 1847, p. 149; année 1848, p. 124.

2486. Arago, F. Mémoire sur Mars [1853]. Arago, OEu, XI, 1859, 245.

Dessins et observations des taches polaires, à diverses oppositions, de 1813 à 1847.

2487. Secchi, A. Osservazioni di Marte fatte durante l'opposizione nel 1858. Roma, MOs_3, I, 1859, 17.

Avec 40 dessins.

2488. Secchi, A. Osservazioni del pianeta Marte. Roma, MOs_3, II, 1863, 76.

Avec 8 dessins pris à l'opposition de 1862, et des observations sur l'aspect variable de Mars, suivant les saisons qui règnent sur les hémisphères de cette planète.

2489. Rosse, W. of. Observations on Mars. London, MAS, XXXII, 1864, 192.

Avec 6 dessins pris à l'opposition de 1862.

2490. Lassell, W. Observations of Mars. London, MAS, XXXII, 1864, 192.

Avec 24 dessins de l'opposition de 1862.

2491. Dawes, W. R. On the planet Mars. London, MNt, XXV, 1865, 225.

2492. Banks, W. L. & Green, N. E. The planet Mars. ARr, III, 1866, 71.

2493. Kaiser, F. Untersuchungen über den Planeten Mars bei dessen Oppositionen in den Jahren 1862 und 1864. Annalen der Sternwarte in Leiden, 4°; vol. III, Haag, 1872, p. 1.

2494. Lohse, W. O. Mars. Bothkamp, Beo, I, 1872, 97.

2495. Proctor, R. A. The planet Mars in 1873. The quarterly journal of science, new series, 8°, London; vol. III, 1873, p. 178.

2496. Terby, F. Aréographie, ou étude comparative des observations faites sur l'aspect physique de la planète Mars depuis *Fontana* (1636) jusqu'à nos jours (1873). Bruxelles, Mcr, XXXIX, 1876, n° 1.

2497. Trouvelot, L. Mars. Cambridge, Ann, VIII, II, 1876, pl. 22.

Dessins de 1873.

2498. Flammarion, C. La planète Mars.

Dans ses Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; t. VII, 1877, p. 3.

2499. Schiaparelli, G. V. Osservazioni astronomiche e fisiche sull' asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte. **Roma, Mem, II, 1878, 308.**

Opposition de 1877.

2500. Green, N. E. Observations of Mars, at Madeira, in August and September 1877. **London, MAS, XLIV, 1879, 123.**

Avec 12 dessins teintés et le planisphère mentionné plus haut.

2501. Niesten, L. Observations sur l'aspect physique de la planète Mars, pendant l'opposition de 1877. Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. II, 1879, n° 9.

Avec 43 dessins en chromolithographie, et un planisphère explicatif d'après celui de *Proctor*. Six de ces dessins sont reproduits dans Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XIV, 1881, p. 1.

2502. Ertborn, O. van. Observations de la planète Mars faites pendant l'opposition de 1877. **Bruxelles, Mcr, XLII, 1879, n° 7.**

Avec 26 dessins teintés.

2503. Burton, C. E. On the aspect of Mars at the oppositions of 1871 and 1873. **Dublin, Tra, XXVI, 1879, 427.**

Avec 16 dessins.

2504. Lohse, W. O. Beobachtungen des Planeten Mars. **Potsdam, Pub, I, 1879, 126.**

Outre les dessins de l'auteur en 1873 et 1877, on trouve dans ce mémoire 18 dessins de *Galle,* de 1837-1839.

2505. Konkoly, N. von. Beobachtung der Mars-Oberfläche im Jahre 1879. Beobachtungen angestellt am astrophysikalischen Observatorium in O'Gyalla, 4°, Halle; vol. II, 1881, p. 23.

2506. Dreyer, J. L. E. Notes on the physical appearance of the planet Mars as seen with the 3-foot reflector at Parsonstown during the opposition of 1877. **Dublin, Tra, I, 1881, 69.**

Avec 12 dessins.

2507. Burton, C. E. Physical observations of Mars, 1879-1880. **Dublin, Tra_2, I, 1881, 151.**

Avec 24 dessins et une carte d'ensemble.

2508. Terby, F. Mémoire à l'appui des remarquables observations de M. *Schiaparelli* sur la planète Mars. Bruxelles, Mcr', XXXI, 1881, n° 5.

2509. Schiaparelli, G. V. Osservazioni astronomiche e fisiche sull'asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte. Roma, Mem, X, 1881, 1.

§ 237. SATELLITES.

En 1645, Schyrlaeus *de Rheita* annonça (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; praef.) qu'il avait aperçu des satellites à Mars; toutefois il n'en était pas bien certain (ibid., lib. IV, cap. 5, p. 287). Cette indication ne fut pas confirmée par les astronomes des deux siècles qui ont suivi, et l'on peut affirmer que les moyens optiques de *de Rheita* n'étaient pas suffisants pour voir les véritables satellites de cette planète.

Képler, ayant appris la découverte des satellites de Jupiter par *Galilée*, prévoit qu'on découvrira des compagnons analogues à d'autres planètes, et il en ajoute deux à Mars, six ou huit à Saturne, un à Vénus, un à Mercure (*Keplerus,* Dissertatio cum nuncio sidereo, 4°, Pragae, 1610; p. 6. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 491). Ce passage porte les marques d'une intuition raisonnée, dont la profondeur n'échappera pas aux astronomes.

D'autre part, dans son roman satirique de Gulliver, *Swift* parle d'un pays de Laputa, dont les habitants avaient découvert deux petits satellites ou étoiles tournant autour de Mars (*Swift, J.,* Travels into several remote nations of the world by Lemuel Gulliver, 2 vol. 8°, London, 1726-1727; vol. II, part. III, ch. 3). Dans le roman de Micromégas, *Voltaire,* en parlant de la planète Mars, lui attribue aussi deux satellites, qui lui sont, dit-il, nécessaires pour l'éclairer, mais qui sont trop petits pour avoir été aperçus de nos astronomes (*Voltaire, A. de,* Micromégas, 1750; chap. 3).

En 1865, *d'Arrest* avait cru pouvoir établir qu'il serait invraisemblable de trouver des satellites à Mars, à une distance notable de cette planète, parce que leurs révolutions seraient d'une longueur improbable (ANn, LXIV, 1865, 74). C'est, en effet, dans une très-grande proximité de l'astre qu'ont été découverts, en 1877, les deux satellites dont nous allons parler tour à tour.

I. Phobos.

Découvert par *A. Hall,* à Washington, le 12 août 1877 (*Rodgers, J.,* Letter to the Hon. R. W. Thompson; 4°, Washington, 1877. — Reproduit : ANn, XC, 1877, 273; London, MNt, XXXVII, 1877, 443; et en français : Paris, Crh, LXXXV, 1877, 536). Nommé par *Madan* (Nature, 4°, London; vol. XVI, 1877, p. 475), d'après un passage d'*Homère* (Ilias, lib. XV, v. 119) où il est parlé de deux compagnons du dieu Mars.

Voici les éléments déduits par *A. Hall* des observations de 1877 (*Hall, A.*, Observations and orbits of the satellites of Mars, 4°, Washington, 1878; p. 25):

Époque 1877, août 28^j,0 t. m. Greenwich.		
Durée de la révolution	$7^h 39^m 15^s,07$	
Nœud ascendant sur l'équateur de la Terre	47° 13',2	Équin. de l'époque.
Inclinaison au même équateur.	36 47,1	
Distance au nœud à l'époque	285 20,2	
— du nœud au périhélie sur l'orbite.	43 30,4	
Excentricité.	0,032 079	
Demi-grand axe, à la distance 1	12",955 1	

Marth a déduit de ces données (ANn, XC, 1879, 370):

Longitude du nœud de l'orbite de Phobos sur l'orbite de Mars.	82° 10′ 16″
Inclinaison mutuelle de ces deux orbites	24 46 48

On voit que ces éléments placent le plan de circulation du satellite dans un étroit voisinage de celui de l'équateur de la planète.

H. S. Pritchett, en réduisant de nouveau les observations de *A. Hall*, au point de vue de la distance à la planète, fixe le demi-grand-axe à 12",773 5 (ANn, XCIII, 1878, 380).

A. Hall a revu, de son côté, la durée de la révolution, d'après les observations de 1879, et est arrivé ainsi au chiffre

$$7^h\,39^m\,13^s,937\,6$$

avec une distance au nœud, 1879, nov. 5^j,0 t. m. de Greenwich, de 68°,87 (London, MNt, XL, 1880, 281).

D'après des considérations photométriques, *Pickering* estime le diamètre de ce petit corps à 8,96 kilomètres, ou, à la distance 1, à une valeur angulaire de 0",012. Il donne pour sa magnitude (vulgairement grandeur en ordres d'étoiles), le chiffre 14,60 (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 7). Dans l'échelle de *Zöllner*, ce serait 12,31 (ibid., ch. 10).

Ce satellite faisant sa révolution en un temps moindre que la rotation de la planète, doit, pour l'observateur placé sur Mars, se lever à l'occident et se coucher à l'orient.

II. Deimos.

Découvert par *A. Hall*, le 11 août 1877, avec le grand réfracteur de Washington. Le nom de ce satellite a été également proposé par *Madan* (voir les sources à l'article de Phobos).

Les observations de 1877 ont donné à *A. Hall* (Observations and orbits of the satellites of Mars, 4°, Washington, 1878 ; p. 24) :

Époque 1877, août 28j,0, t. m. Greenwich.		
Durée de la révolution	30h 17m 53,86	
Nœud ascendant sur l'équateur de la Terre.	48° 5',7	Équin. de l'époque.
Inclinaison au même équateur	35 38,7	Équin. de l'époque.
Distance au nœud à l'époque.	375 30,3	
Distance du nœud au périhélie sur l'orbite.	40 53,6	
Excentricité	0,005 741	
Demi-grand axe à la distance 1.	32",354 1	

De ces chiffres, *Marth* déduit (ANn, XC, 1879, 370) :

Longitude du nœud de l'orbite de Deimos sur l'orbite de Mars.	84° 59′ 2″
Inclinaison mutuelle de ces deux orbites	24 19 52

Ces éléments placent encore l'orbite du satellite très-près du plan de l'équateur de la planète.

H. S. Pritchett, par une nouvelle réduction des observations de Washington de 1877, a obtenu pour le demi-grand axe 32",911 3 (ANn. XCIII, 1878, 379).

Après l'opposition de 1879, *A. Hall* a corrigé la révolution d'après ses nouvelles observations, et l'a fixée à

$$30^h\ 17^m\ 54^s{,}377,$$

avec une distance au nœud à l'époque 1879, nov. 5j,0 t. m. Greenwich, de 322°,91 (London, MNt, XL, 1880, 281).

Par des comparaisons photométriques avec Mars et avec Vesta, *Erck* avait cru pouvoir évaluer à 21¾ kilomètres, ou en arc 0",030 vu de la distance 1, le diamètre de Deimos (ARr, XVI, 1878, 25). *Pickering,* se fondant également sur des considérations photométriques, estime le diamètre de ce satellite à 7,81 kilomètres, qui correspondent à un diamètre angulaire de 0",011 à la distance 1. Il donne à Deimos, pour magnitude en grandeurs d'étoiles, 16.56 (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 7), ou suivant l'échelle de *Zöllner,* 12,61 (ibid., ch. 10).

CHAPITRE XVI.

ASTÉROÏDES.

§ 238. SITUATION ET NOMBRE.

L'absence d'un terme, dans la série des planètes, entre Mars et Jupiter, avait été remarquée par *Képler,* qui jugeait nécessaire d'effectuer une intercalation entre ces deux astres; « inter Jovem et Martem, » dit-il, « interposui planetam » (*Keplerus,* Prodromus dissertationum cosmographicarum, 4°, Tubingae, 1596; p. 7. — Reproduit : Keplerus, Opa, I, 1858, 107).

La lacune signalée fut remplie par la découverte de Ceres, faite par *Piazzi,* le premier jour du XIX[e] siècle (MCz, III, 1801, 592). Mais cette découverte ne resta pas isolée, et le vide fut occupé par toute une famille de corps planétaires.

On ignore le nombre total des astéroïdes qui circulent entre Mars et Jupiter : il est peut-être de plusieurs milliers. A la date actuelle, on en a découvert 222, et chaque année continue à apporter son contingent. De plus, indépendamment des petites planètes constatées, on cite des observations, insuffisantes pour le calcul, d'astres qui étaient animés d'un certain mouvement.

Parmi ces étoiles mobiles, qui n'ont été observées que d'une manière passagère, et qui peut-être étaient des astéroïdes, on peut citer

Celle de *Huth* (BaJ, 1805, 215. — Comparez Nature, 4°, London; vol. XIV, 1876, p. 291).

Celle de *Cacciatore* (Bibliothèque universelle de Genève, nouvelle série, 8°, Genève; t. IV, 1836, p. 348).

§ 239. NOMENCLATURE.

D'abord, les astéroïdes reçurent simplement des noms empruntés à la mythologie, et des signes symboliques, imaginés pour les désigner à la manière des anciennes planètes. Mais quand le nombre de ces petits corps augmenta, la confusion de ces signes et la difficulté de les retenir conduisirent à en abandonner l'emploi.

La proposition de désigner les astéroïdes par un numéro enfermé dans un cercle fut faite, en 1851, par *Encke* (BaJ, 1854, 389). Toutefois cet astronome laissait en dehors les quatre anciennes petites planètes, et ne commençait la série qu'à partir d'Astraea. Il y avait là une anomalie, sur laquelle *Gould* appela presque immédiatement l'attention (AJl, II, 1852, 80). Depuis ce moment, l'ordre numérique est suivi à partir de Ceres.

Le nom générique d' « astéroïde » a été employé pour la première fois par *W. Herschel*, dès la découverte de Pallas, la seconde des petites planètes (London, PTr, 1802, 215). Sur les dénominations particulières de ces corps, on trouvera une note de *Selander* dans l'Öfversigt af Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 8°, Stockholm ; vol. IV, 1847, p. 102. Il y a aussi des remarques de *Jahn* (Unt, II, 1848, 189), de *Le Verrier* (Paris, Crh, XLVIII, 1859, 56 ; LIII, 1861, 450), de *Hind* (London, MNt, XXI, 1861, 255) et de *H. Goldschmidt* (ANn, LV, 1861, 255).

Les noms des astéroïdes ont été pour la plupart empruntés à la mythologie et aux légendes. En 1807, lorsque Vesta fut découverte, le nom de Napoléon avait été proposé pour désigner cette petite planète, dans un article signé J. W — (Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts, par *Delamétherie*, 4°, Paris ; vol. LXVI, 1808, p. 465). Cette dénomination n'a pas prévalu.

§ 240. MOUVEMENTS ET TABLES.

Il n'y aurait aucun intérêt à reproduire les premiers éléments, nécessairement imparfaits, publiés vers le temps de la découverte d'un astéroïde. Nous allons réunir ici les meilleurs éléments, calculés d'après l'ensemble des observations de chaque petite planète. Nous construisons cette table d'après le Berliner astronomisches Jahrbuch pour 1883, en portant les additions et les corrections signalées dans les Circulare publiées comme suite à cet ouvrage. Nous n'avons fait exception que pour deux astéroïdes : 55 = Pandora, dont les éléments ont été donnés d'après *Möller* (Öfversight af Vetenskaps Akademiens Förhandlingar, 8°, Stockholm ; année 1879, n° 4, p. 40) ; et 217 = Eudore, dont nous avons pris l'orbite de *Callandreau* (Paris, Crh, XCIII, 1881, 851).

La plupart des systèmes d'éléments présentés dans le tableau qui suit, se rapportent aux oppositions les plus récentes. Si l'on avait besoin d'éléments relatifs à des époques plus anciennes, on recourrait aux volumes précédents du Berliner Jahrbuch, notamment à celui de 1865, p. 510, et à tous les volumes successifs à partir de 1870 inclusivement. Ce qui concerne le calcul des astéroïdes est centralisé dans les bureaux de ces éphémérides, sous la direction de *Tietjen*.

Les colonnes de notre tableau n'ont pas besoin d'une longue explication. Les lettres Ép. veulent dire l'époque. Dans la colonne intitulée « Nature des éléments, » ces mêmes lettres signifient que les éléments donnés sont osculateurs à l'instant pris pour époque ; tandis que les lettres capitales EM désignent des élements moyens.

Les colonnes relatives aux auteurs et aux dates des découvertes sont empruntées à l'Annuaire du bureau des longitudes de France, 1882. Nous les avons seulement complétées jusqu'au moment de l'impression.

Il est inutile de faire remarquer que les éléments des planètes les plus récemment découvertes sont plus ou moins incertains, et pourront subir des changements notables.

Quant aux noms des astéroïdes, on a cru devoir leur conserver, dans tous les cas, la forme originale.

NOM ET NUMERO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	ÉQUINOXE moyen de	Nature des ÉLÉMENTS.	LONGITUDE moyenne.	du périhelie.	du nœud.	Inclinaison.
1. Ceres.	1881 Juin 9,0	Ép.	Ép.	242° 15′ 34″,4	149° 15′ 34″,5	80° 49′ 7″,6	10° 37′ 18″,2
2. Pallas	1881 Juin 9,0	Ép.	Ép.	223 9 16,1	122 9 18,6	172 43 57,4	34 43 11,2
3. Juno	1881 Mai 4,0	Ép.	Ép.	224 2 13,2	55 23 18,2	170 39 33,3	13 1 17,1
4. Vesta.	1881 Oct. 31,0	Ép.	Ép.	32 6 45,8	251 11 53,6	103 30 58,3	7 7 59,4
5. Astraea . . .	1881 Juill. 22,0	1880,0	Ép.	307 10 1,2	134 45 29,8	141 26 0.4	5 19 25,1
6. Hebe	1881 Juin 12,0	1881,0	Ép.	283 22 54,9	15 23 33,7	138 43 55,0	14 47 29,3
7. Iris.	1850 Janv. 0,0	Ép.	EM.	207 30 30,1	41 23 21,1	259 47 55.8	5 28 3,0
8. Flora.	1848 Janv. 1,0	Ép.	EM.	68 48 32,0	32 54 28,3	110 17 48,6	5 53 8,0
9. Metis.	1858 Juin 30,0	Ép	EM.	128 8 26,8	71 3 52,1	68 31 35,2	5 36 0,3
10. Hygiea . . .	1879 Oct 1,0	1880,0	Ép.	0 31 48,4	237 31 11,6	285 44 14,5	3 48 26,5
11. Parthenope .	1881 Juin 22,0	1881,0	Ép.	278 16 9,7	317 50 27,0	125 13 2,5	4 37 16,9
12. Victoria [Clio]	1851 Janv. 0,0	Ép.	EM.	7 42 4,9	301 39 25,0	235 34 41,7	8 23 17,7
13. Egeria	1850 Janv. 0,0	Ép.	EM.	330 56 32,5	120 9 58,2	43 11 34,5	16 32 24,6
14. Irene.	1881 Août 21,0	1880,0	Ép.	321 9 25,1	179 34 47,0	86 46 42,7	9 8 9,3
15. Eunomia. . .	1854 Janv. 0,0	Ép.	EM.	149 57 32,0	27 52 0,5	293 52 14,5	11 44 17,4
16. Psyche. . . .	1880 Nov. 24,0	1880,0	Ép.	52 49 43,3	13 55 56,8	150 35 0,1	3 4 19,3
17. Thetis	1881 Nov. 29,0	1880,0	Ép.	63 46 24,3	262 13 46.7	125 13 9,0	5 36 23,0
18. Melpomene .	1854 Janv. 0,0	Ép.	EM.	95 10 8,0	15 5 31,0	150 3 49.7	10 9 16,9
19. Fortuna . . .	1881 Mars 14,0	1880,0	Ép.	161 26 56,2	30 42 37,4	211 19 32,1	1 32 58,8
20. Massalia . . .	1881 Juill. 1,0	1881,0	Ép.	268 8 50,2	100 2 20,7	206 23 44,3	0 41 13,7
21. Lutetia. . . .	1853 Janv. 2,0	Ép.	EM.	41 24 3,8	327 3 58,7	80 27 48,5	3 5 9,5
22. Kalliope . . .	1881 Sept. 20,0	1880,0	Ép.	359 55 13.7	59 35 51,1	66 33 59,2	13 44 56,6
23. Thalia	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	346 3 24.1	123 29 38,3	67 43 45,7	10 14 0,4
24. Themis. . . .	1878 Juin 8,0	1880,0	Ép.	353 7 56,0	143 57 29,4	35 31 31,7	0 48 20,6
25. Phocaea . . .	1880 Nov. 27,0	1880,0	Ép.	38 49 59,9	302 50 28,5	214 10 45,3	21 35 20,3
26. Proserpina .	1853 Juin 11,0	Ép.	EM.	227 31 10,6	236 25 15,0	45 54 59,3	3 35 47,7
27. Euterpe . . .	1873 Janv. 5,0	1870,0	EM.	178 31 53,1	87 59 26,1	93 51 20,1	1 35 30,4
28. Bellona. . . .	1880 Nov. 27,0	1880,0	Ép.	78 37 37,9	123 44 58,7	144 38 18.1	9 21 33,9
29. Amphitrite. .	1855 Janv. 0,0	1870,0	Ép.	254 24 41,5	56 23 1,3	356 40 46,5	6 7 4,6
30. Urania	1880 Nov. 2,0	1880,0	Ép.	42 53 44,3	31 32 53,3	308 3 24,0	2 6 1.4
31. Euphrosyne .	1879 Avril 12,0	Ép.	Ép.	175 50 13,7	93 13 11,4	31 33 41.4	26 28 46,6
32. Pomona . . .	1855 Janv. 5,0	Ép.	EM.	57 16 27,9	193 21 48,6	220 42 55,2	5 28 49,9
33. Polyhymnia .	1881 Mars 4,5	1880,0	Ép.	166 29 36,2	342 16 13,6	9 9 7,4	1 56 19,3
34. Circe.	1881 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	145 44 7,8	150 47 35,3	184 40 3,3	5 27 20,8
35. Leukothea . .	1881 Avril 13,0	1880,0	Ép.	197 50 5,4	201 48 0,3	335 44 38,3	8 12 2,4
36. Atalante . . .	1880 Janv. 0,0	1880,0	1869 nov. 22,0	134 29 42,4	42 52 55,5	359 22 23,2	18 42 17,0
37. Fides.	1881 Nov. 1,0	1881,0	Ép.	48 4 12,4	66 5 57,1	8 18 26,3	3 6 46,1
38. Leda	1881 Août 26,0	1880,0	Ép.	348 26 59,9	100 46 16,4	296 21 40,4	6 57 33,7
39. Laetitia . . .	1881 Sept. 20,0	1880,0	Ép.	356 13 52,8	3 41 37,2	157 22 59,5	10 21 23,4
40. Harmonia . .	1863 Janv. 0,0	Ép.	EM.	187 42 25,4	0 54 7,0	93 34 54,2	4 15 48,4

ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
4° 32′ 43″,7	770″,833 21	0,442 030 8	E. Schubert	Piazzi	1 Janv. 1801
13 53 34,2	769,732 46	0,442 444 5	Farley	Olbers	28 Mars 1802
14 46 26,7	812,905 93	0,426 644 2	Hind	Harding	1 Sept. 1804
5 1 25,7	976,778 67	0,373 473 6	Farley	Olbers	29 Mars 1807
10 53 14,0	857,926 86	0,411 037 5	Farley	Hencke	8 Déc. 1845
11 40 5,2	939,369 61	0,384 780 1	R. Luther	Hencke	1 Juill. 1847
13 20 50,2	962,580 60	0,377 713 0	Brünnow	Hind	13 Août 1847
9 0 56,3	1086,330 98	0,342 696 3	Brünnow	Hind	18 Oct. 1847
7 5 2,4	962,338 98	0,377 785 7	Lesser	Graham	26 Avril 1848
6 31 56,5	637,161 06	0,497 171 6	Becker	De Gasparis	12 Avril 1849
5 39 0,3	923,660 43	0,389 662 9	R. Luther	De Gasparis	11 Mai 1850
12 38 44,9	994,834 72	0,368 138 9	Brünnow	Hind	13 Sept. 1850
4 59 47,3	857,945 07	0,411 031 5	Hansen	De Gasparis	2 Nov. 1850
9 23 3,3	852,438 52	0,412 895 7	Bruhns	Hind	19 Mai 1850
10 47 32,2	825,455 03	0,422 209	E. Schubert	De Gasparis	29 Juill. 1851
7 59 57,3	710,962 9	0,465 439 8	E. Schubert	De Gasparis	17 Mars 1852
7 25 3,0	911,397 54	0,393 582 5	Maywald	R. Luther	17 Avril 1852
12 34 20,2	1020,119 77	0,360 903 2	E. Schubert	Hind	24 Juin 1852
9 6 55,9	929,659 06	0,387 788 6	Powalky	Hind	22 Août 1852
8 14 27,2	949,044 46	0,381 813 4	Küstner	De Gasparis	19 Sept. 1852
9 19 44,6	933,554 38	0,386 578 0	Lesser	H. Goldschmidt	15 Nov. 1852
5 54 45,1	715,652 86	0,463 536 1	Maywald	Hind	16 Nov. 1852
13 24 11,5	833,073 7	0,419 548 8	E. Schubert	Hind	15 Déc. 1852
7 24 44,4	640,166 25	0,495 809 5	Krüger	De Gasparis	5 Avril 1853
14 48 27,4	954,636 75	0,380 112 3	Maywald	Chacornac	6 Avril 1853
5 0 37,3	819,684 68	0,424 239 9	Hoek	R. Luther	5 Mai 1853
10 0 56,0	986,694 40	0,370 549 3	Hoppe	Hind	8 Nov. 1853
8 33 40,1	766,069 06	0,443 825 8	Bruhns	R. Luther	1 Mars 1854
4 15 25,3	869,035 22	0,402 312 8	Becker	Marth . . . , ...	1 Mars 1854
7 19 58,7	975,164 20	0,373 952 0	Maywald	Hind	22 Juill. 1854
12 52 35,5	635,168 57	0,498 078 9	Hill	Ferguson	1 Sept. 1854
4 45 43,1	852,587 99	0,412 844 9	Lesser	H. Goldschmidt	26 Oct. 1854
19 49 37,6	732,029 15	0,456 985 5	E. Schubert	Chacornac	28 Oct. 1854
6 14 11,6	806,163 40	0,429 055 7	Auwers	Chacornac	6 Avril 1855
12 57 47,8	685,183 4	0,476 133 2	E. Schubert	R. Luther	19 Avril 1855
17 36 3,4	780,011 0	0,438 604 0	E. Schubert	H. Goldschmidt	5 Oct. 1855
10 15 54,3	825,941	0,422 038 4	Neugebauer	R. Luther	5 Oct. 1855
8 55 56,9	782,564 08	0,437 657 8	Rosén	Chacornac	12 Janv. 1856
6 26 27,7	769,996 69	0,442 345 2	Maywald	Chacornac	8 Fév. 1856
2 40 13,6	1039,335 3	0,355 500	E. Schubert	H. Goldschmidt	31 Mars 1856

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	ÉQUINOXE moyen de	Nature des ÉLÉMENTS.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.
41. Daphne. . . .	1881 Oct. 20,0	1880,0	Ép.	30° 51′ 0″,7	220° 33′ 17″,0	179° 8′ 30″,1	15° 57′ 43″,9
42. Isis.	1856 Juin 11,0	Ép.	Ép.	271 48 39,8	317 57 50,0	84 27 51,7	8 34 32,9
43. Ariadne . . .	1881 Nov. 29,0	1880,0	Ép.	65 28 37,3	278 12 41,1	264 35 31,9	3 27 48,2
44. Nysa	1881 Sept. 30,0	1880,0	Ép.	25 43 49,8	111 45 27,4	131 6 10,6	3 42 5,5
45. Eugenia . . .	1881 Nov. 14,0	1880,0	Ép.	49 27 3,2	230 46 7,4	148 5 49,8	6 34 54,0
46. Hestia	1881 Juill. 22,0	1880,0	Ép.	310 2 25,3	354 31 22,4	181 27 30,2	2 17 30,8
47. Aglaja	1881 Juill. 27,0	1880,0	Ép.	305 40 38,0	313 22 18,6	4 14 15,7	5 0 2,2
48. Doris.	1880 Déc. 4,0	1880,0	Ép.	73 26 13,4	70 33 30,5	184 55 7,5	6 30 39,2
49. Pales.	1881 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	118 49 25,7	31 10 18,3	290 36 16,5	3 7 58,8
50. Virginia . . .	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	60 19 53,8	9 45 59,0	173 36 26,3	2 47 49,8
51. Nemausa. . .	1881 Août 31,0	1880,0	Ép.	335 59 32,1	174 19 27,0	175 47 26,1	9 57 4,9
52. Europa. . . .	1881 Mai 23,0	1880,0	Ép.	239 26 42,3	106 47 49,2	129 38 32,5	7 26 33,1
53. Kalypso . . .	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	344 38 48,5	92 51 41,5	143 58 19,3	5 6 40,0
54. Alexandra . .	1875 Fév. 4,0	1880,0	Ép.	204 36 18,4	294 50 32,0	313 58 15,7	11 45 55,8
55. Pandora . . .	1880 Juill. 27,0	1880,0	Ép.	282 26 7,7	12 18 2,3	10 55 21,1	7 13 31,9
56. Melete	1881 Mars 4,0	1881,0	Ép.	189 9 3,3	294 31 55,3	194 9 32,4	8 1 51,9
57. Mnemosyne .	1881 Août 21,0	1880,0	Ép.	339 32 4,9	53 33 45,5	200 2 3,8	15 12 37,3
58. Concordia . .	1865 Janv. 7,0	1860,0	Ép.	210 29 57,0	189 5 52,8	161 15 43,7	5 1 52,8
59. Elpis	1865 Janv. 7,0	1880,0	Ép.	352 50 13,3	18 31 16,1	170 32 57,1	8 37 7,4
60. Echo [Titania]	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	76 39 47,9	99 12 23,8	191 52 48,3	3 35 14,6
61. Danaë	1881 Oct. 20,0	1881,0	Ép.	15 5 4,8	344 33 37,0	334 14 9,6	18 14 14,3
62. Erato.	1877 Sept. 21,0	1880,0	Ép.	37 43 18,8	38 59 34,5	125 45 58,4	2 12 25,2
63. Ausonia . . .	1881 Oct. 25,0	1880,0	Ép.	21 14 36,3	270 26 45,4	338 1 25,4	5 47 25,4
64. Angelina. . .	1881 Oct. 30,0	1880,0	Ép.	57 19 6,5	124 20 11,1	310 51 20,1	1 19 16,5
65. Cybele . . . . [Maximiliana]	1879 Janv. 18,0	1880,0	Ép.	125 53 1,0	261 6 56,6	158 48 13,8	3 29 4,1
66. Maja	1880 Sept. 5,0	1880,0	Ép.	355 36 17,5	47 37 4,5	8 19 20,3	3 5 42,4
67. Asia	1881 Déc. 9,0	1880,0	Ép.	58 38 41,9	306 39 53,5	202 43 46,5	5 59 11,6
68. Leto	1864 Fév. 22,0	1880,0	Ép.	92 44 23,9	345 14 4,3	45 1 0,5	7 57 37,6
69. Hesperia. . .	1874 Déc. 26,0	1880,0	Ép.	34 51 6,8	108 27 45,0	187 9 46,5	8 27 52,5
70. Panopaea . .	1874 Janv. 0,0	1870,0	Ép.	241 20 27,6	300 39 5,0	48 3 53,1	11 37 47,0
71. Niobe.	1880 Oct. 5,0	1880,0	Ép.	19 51 55,0	221 56 41,7	316 21 40,2	23 15 56,0
72. Feronia . . .	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	7 23 48,5	307 52 27,1	207 48 42,0	5 23 59,8
73. Klytia	1875 Mars 16,0	1880,0	Ép.	169 54 17,4	57 55 13,2	7 42 0,5	2 24 26,0
74. Galatea. . . .	1881 Déc. 4,0	1880,0	Ép.	53 6 11,7	8 30 14,3	197 51 38,3	4 0 16,0
75. Eurydike. . .	1880 Juill. 13,0	1880,0	Ép.	23 33 26,8	335 28 33,0	359 54 7,9	5 0 42,9
76. Freia.	1881 Nov. 9,0	1880,0	Ép.	56 47 17,3	91 13 16,5	212 6 41,9	2 2 54,7
77. Frigga . . .	1882 Avril 8,0	1880,0	Ép.	190 31 58,9	58 49 8,9	1 58 52,0	2 27 49,8
78. Diana	1878 Oct. 26,0	1880,0	Ép.	45 18 21,5	121 40 27,9	333 50 41,4	8 39 36,2
79. Eurynome . .	1874 Juill. 20,0	1880,0	Ép.	319 46 18,0	44 22 29,4	206 44 20,9	4 36 51,5
80. Sappho. . . .	1882 Sept. 25,0	1880,0	Ép.	1 3 3,2	355 32 41,5	218 32 46,3	8 37 37,7

ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
15° 30′ 32″,0	770″,151 44	0,442 287 0	Maywald	H. Goldschmidt. . . .	22 Mai 1856
13 2 20,6	930,905 7	0,387 401	Brünn	Pogson.	23 Mai 1856
9 37 56,5	1084,138 4	0,343 281	Prey	Pogson, ...	15 Avril 1857
8 46 49.6	941,398 85	0,384 155 4	Powalky	H. Goldschmidt	27 Mai 1857
4 36 44,4	789,003 41	0,435 285 1	Maywald.	H. Goldschmidt. . . .	27 Juin 1857
9 27 22,3	883,966 02	0,402 380 7	Karlinski	Pogson.	16 Août 1857
7 27 21,4	725,982 67	0,459 386 9	Powalky	R. Luther	15 Sept. 1857
3 43 9,8	646,106 92	0,493 134 8	Powalky . . , ...	H. Goldschmidt	19 Sept. 1857
13 21 54,5	653,392 25	0,489 888 4	Powalky	H. Goldschmidt. . . .	19 Sept. 1857
16 34 35,2	822,498 6	0,423 247 6	Powalky	Ferguson	4 Oct. 1857
3 53 57,2	975.648 58	0,373 808 8	Tietjen.	Laurent	22 Janv. 1858
6 21 4,8	651,220 58	0,490 852 3	Maywald.	H. Goldschmidt. . . .	4 Fév. 1858
11 53 7.6	837,855 14	0,417 891 7	Kochwill. . . . . . , . .	R. Luther	4 Avril 1858
11 20 21,1	794,122 06	0,433 412 4	Schultz.	H. Goldschmidt. . . .	10 Sept. 1858
8 14 28,7	774,319 63	0.440 724 2	Moeller.	Searle . , ...	10 Sept. 1858
13 40 8,8	847,713 10	0,414 505 1	R. Luther	H. Goldschmidt. . . .	9 Sept. 1857
6 38 8,5	635,270 73	0,498 031 9	Adolph.	R. Luther	22 Sept. 1859
2 26 21,8	799,596 42	0,431 423 8	Von Oppolzer	R. Luther	24 Mars 1860
6 44 2,7	793,978 81	0,433 465 1	Von Oppolzer	Chacornac	12 Sept. 1860
10 29 27,8	958,111 2	0.379 060 4	C.-H.-F. Peters	Ferguson	15 Sept. 1860
9 23 49,0	687.665 60	0,475 086 2	R. Luther	H. Goldschmidt . .	9 Sept. 1860
10 6 47,4	642,565 86	0,494 726 0	Von Oppolzer	Foerster et Lesser . .	14 Sept. 1860
7 8 10,1	956,136 46	0,379 657 8	Tietjen.	De Gasparis . , ...	10 Fév. 1861
7 13 4,7	806,807 66	0,428 824 4	Von Oppolzer	Tempel	4 Mars 1861
6 15 54,9	558,301 40	0,535 425 2	Oppenheim	Tempel	8 Mars 1861
10 2 13,3	824,708 7	0,422 471	Schulhof.	Tuttle	9 Avril 1861
10 45 39,7	941,541 04	0,384 111 5	Maywald.	Pogson.	17 Avril 1861
10 51 9,3	765,276 58	0,444 125 6	T. Wolff	R. Luther	29 Avril 1861
9 47 20,8	689,875 97	0,474 157 1	Kowalczyk.	Schiaparelli	29 Avril 1861
10 26 53,1	839,099 39	0,417 462 1	Dunér	H. Goldschmidt. . . .	5 Mai 1861
10 1 6,5	774,649 11	0,440 601 1	Becker.	R. Luther	13 Août 1861
6 56 6,0	1040,102 6	0,355 286 9	C.-H.-F. Peters	C.-H.-F. Peters et Safford.	29 Mai 1861
2 24 13,2	815,400 3	0,425 757 1	Powalky	Tuttle.	7 Avril 1862
13 50 30,5	765,792 07	0,443 930 5	Maywald.	Tempel.	29 Août 1862
17 52 50.8	813 031 53	0,426 599 5	Stockwell	C.-H.-F. Peters . . .	22 Sept. 1862
9 54 29,3	560,912 90	0,534 074 1	Maywald.	D'Arrest	21 Oct. 1862
7 33 3,5	813,638 62	0,426 383 3	Plath.	C.-H.-F. Peters	12 Nov. 1862
11 59 15,0	836,560 77	0,418 339 4	Von Dubjago.	R. Luther	15 Mars 1863
11 12 49,7	928,873 65	0,388 033 3	Reimann.	Watson.	14 Sept. 1863
11 31 56,5	1020,005 21	0,360 936 1	Albrecht.	Pogson	2 Mai 1864

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t m. Berlin.	ÉQUINOXE moyen de	Nature des ÉLÉMENTS	LONGITUDE			Inclinaison.
				moyenne.	du périhélie.	du nœud.	
81. Terpsichore.	1864 Oct. 6,0	1880,0	Ép.	22° 8′ 22″,0	48° 42′ 1″,4	2° 44′ 44″,0	7° 55′ 44″,3
82. Alkemene. .	1877 Sept. 21,0	1880,0	Ép.	10 20 15,0	132 6 4,4	26 56 53,5	2 51 1,9
83. Beatrix . . .	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	311 42 21,5	191 5 59,2	27 31 7,0	5 0 6,4
84. Klio.	1880 Déc. 14,0	1880,0	Ép.	50 0 25,3	339 24 45.7	327 22 34.6	9 21 50,1
85. Io	1878 Déc. 5,0	1880,0	Ép.	15 58 34,2	322 43 8.1	203 48 8,1	11 52 41,7
86. Semele . . .	1881 Août 11,0	1880,0	Ép.	252 46 27,6	29 39 50,7	87 46 23,0	4 47 30,6
87. Sylvia. . . .	1881 Oct. 25,0	1880,0	Ép.	24 34 54,4	334 13 57.9	75 58 23,9	10 56 8,0
88. Thisbe . . .	1879 Août 22,0	1880,0	Ép.	244 36 54,6	309 20 24,8	277 36 28,4	5 13 58,7
89. Julia	1866 Oct. 29,0	1880,0	Ép.	345 12 45,7	353 26 18,3	311 41 36,1	16 10 54,1
90. Antiope . . .	1881 Mars 24,0	1880,0	Ép.	203 43 14,8	301 19 25,9	71 25 0,7	2 16 36,4
91. Aegina . . .	1881 Mai 3,0	1880,0	Ép.	214 58 17,7	81 56 22,7	10 53 7,4	2 8 12,4
92. Undina . . .	1879 Janv. 14,0	1880.0	Ép.	320 6 58,9	329 13 46,8	102 50 51,2	9 56 32,4
93. Minerva. . .	1879 Fév. 3,0	1880,0	Ép.	155 50 4.4	274 42 35,8	5 9 11,9	8 36 3,2
94. Aurora . . .	1880 Juill. 22,0	1880,0	Ép.	179 37 41,0	49 18 43,4	4 10 5.5	8 4 13,2
95. Arethusa . .	1877 Août 12,0	1880,0	Ép.	342 58 58,7	32 58 5.0	244 17 30,4	12 54 4,6
96. Aegle	1873 Mars 6,0	1870,0	Ép.	130 14 26.5	163 9 59,3	322 49 44,4	16 6 47,3
97. Klotho . . .	1881 Mars 4,0	1880,0	Ép.	134 17 27,9	65 23 12,6	160 39 3,7	11 45 55,5
98. Ianthe. . . .	1879 Août 2,0	1880,0	Ép.	16 58 40,4	148 33 32,5	354 8 8,2	15 31 27,9
99. Dike.	1868 Juin 5,0	1868,0	Ép.	231 11 45	240 35 34	41 43 42	13 53 17
100. Hekate . . .	1879 Août 22,0	1880,0	Ép.	321 20 26,5	307 39 28,6	128 11 48,9	6 23 14,8
101. Helena . . .	1881 Nov. 19.0	1880,0	Ép.	48 12 33,9	327 50 6,0	343 37 22,0	10 10 6,0
102. Miriam . . .	1876 Déc. 15,0	1880,0	Ép.	326 6 44.6	354 50 48,3	211 41 29,9	5 5 5,6
103. Hera	1877 Oct. 21,0	1880,0	Ép.	10 57 30,1	320 59 30,2	136 12 27,9	5 23 58,8
104. Klymene . .	1881 Janv. 3.0	1880,0	Ép.	88 45 39,9	59 32 15,6	43 31 48,2	2 54 10,3
105. Artemis. . .	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	112 43 34,4	242 46 25,5	188 0 21,5	21 32 4,4
106. Dione. . . .	1879 Nov. 30,0	1880,0	Ép.	12 38 39,0	25 56 56,8	63 13 30,8	4 38 2,2
107. Camilla. . .	1880 Août 16,0	1880,0	Ép.	338 3 24,8	115 53 14,6	176 17 54,2	9 53 49,3
108. Hecuba . . .	1875 Fév. 24,0	1880,0	Ép.	192 56 18,3	173 30 42,7	352 25 31,5	4 24 7,9
109. Felicitas . .	1869 Oct. 31,0	1869,0	Ép.	39 53 10,2	55 56 27,9	4 56 8,1	8 2 54,1
110. Lydia	1879 Mars 15,0	1880,0	Ép.	182 32 10,2	337 10 8,5	57 8 39,0	5 59 46,3
111. Ate	1873 Mai 5,0	1880,0	Ép.	201 57 20,5	108 50 8,7	306 21 46,2	4 56 37,8
112. Iphigenia. .	1878 Déc. 25,5	1878,0	Ép.	65 21 11,3	337 56 38,6	324 2 2,4	2 36 55,1
113. Amalthea. .	1880 Nov. 4.0	1880,0	Ép.	46 54 10.9	200 5 44,6	123 4 45,1	5 2 10,5
114. Kassandra .	1877 Janv. 24,0	1880,0	Ép.	45 10 7,0	152 51 9,6	164 29 30,0	4 54 26.3
115. Thyra. . . .	1881 Mai 3,0	1880,0	Ép.	213 32 29,2	43 0 5,2	309 3 14.0	11 34 26,6
116. Sirona . . .	1879 Juin 23,5	1880,0	Ép.	253 30 59,8	152 41 17,8	64 27 31.7	3 35 9,2
117. Lomia. . . .	1871 Sept. 15,5	1880,0	Ép.	358 9 24,4	48 45 40,4	349 38 42,5	14 57 33,2
118. Peitho. . . .	1872 Mars 24.5	1880,0	Ép.	160 32 49.4	77 30 56.6	47 29 35,2	7 48 8,1
119. Althaea. . .	1881 Juin 12,0	1880,0	Ép.	278 57 37,5	12 25 27,8	203 54 11,2	5 45 9,3
120. Lachesis . .	1881 Déc. 29,0	1880,0	Ép.	104 53 35.8	221 39 28,6	342 34 24,8	6 59 16,1

ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
12° 10′ 49″,4	736″,174 42	0,455 350 6	Hall.	Tempel.	30 Sept. 1864
12 49 38,3	772,747 72	0,441 312 6	Saffort	R. Luther	27 Nov. 1864
4 54 49,1	936,600 72	0,385 634 7	Becker.	De Gasparis.	26 Avril 1865
13 39 55,6	977,810 84	0,373 167 8	Valentiner	R. Luther	25 Août 1865
11 11 20,4	821,408 0	0,423 631 7	C.-H.-F. Peters . . .	C.-H.-F. Peters	19 Sept. 1865
12 34 2,7	649,235 56	0,491 736 2	Anderson	Tietjen.	4 Janv. 1865
4 47 30,5	543,701 72	0,543 097 3	Plath.	Pogson.	16 Mai 1866
9 15 16,2	770,291 78	0,442 234 2	Kowalczyk.	C.-H.-F. Peters	15 Juin 1866
10 24 3,3	870,841 22	0,406 712 0	T. Wolff	Stéphan	6 Août 1866
9 36 44,8	636,150 95	0,497 631 0	Maywald.	R. Luther	1 Oct. 1866
6 10 26,6	851,229 63	0,413 306 6	Von Oppolzer	Borrelly	4 Nov. 1866
5 56 4,3	622,368 72	0,503 972 5	Anderson.	C.-H.-F. Peters	7 Juill. 1867
7 59 4,8	775,638 87	0,440 231 3	P. Lehmann.	Watson.	24 Août 1867
4 45 27,6	630,863 6	0,500 047 4	Leppig	Watson	6 Sept. 1867
8 19 16,5	659,227 85	0,487 313 9	Schur.	R. Luther	23 Nov. 1867
8 4 31,6	666,218 91	0,484 259 7	Schulhof.	Coggia	17 Fév. 1868
14 46 36,1	813,188 73	0,426 543 5	Maywald.	Tempel.	17 Fév. 1868
10 58 13,3	805,370 0	0,429 340 8	C.-H.-F. Peters	C.-H.-F. Peters	18 Avril 1868
13 47 30	758,662	0,446 64	Loewy et Tisserand. .	Borrelly	28 Mai 1868
9 33 11,0	652,066 40	0,490 476 5	Stark	Watson.	11 Juill. 1868
7 59 29,1	853,612 76	0,412 497 1	Watson.	Watson.	15 Août 1868
14 32 1,8	816,737 0	0,425 282 9	C.-H.-F. Peters	C.-H.-F. Peters	22 Août 1868
4 30 35,5	799,067 54	0,431 615 4	Leveau.	Watson.	7 Sept. 1868
9 5 7,7	634,446 604	0,498 407 7	Watson.	Watson.	13 Sept. 1868
10 8 56,3	971,079 46	0,375 167 9	Watson.	Watson.	16 Sept. 1868
10 18 6,9	629,565 0	0,500 644 0	Seydler.	Watson.	10 Oct. 1868
4 20 18,2	545,446 3	0,542 170	Schulhof.	Pogson.	17 Nov. 1868
5 53 18,4	616,369 86	0,506 776 8	Schulhof.	R. Luther	2 Avril 1869
17 27 35,5	802,051 02	0,430 554 6	Rogers	C.-H.-F. Peters	9 Oct. 1869
4 26 42,0	785,144 87	0,436 704 5	Oppenheim	Borrelly	19 Avril 1870
6 2 36,4	849,927 82	0,413 749 7	Holetschek.	C. H.-F. Peters	14 Août 1870
7 19 8,5	934,439 11	0,386 303 6	Rogers.	C.-H.-F. Peters	19 Sept. 1870
4 55 49,4	968,183 60	0,376 032 6	Maywald.	R. Luther	12 Mars 1871
8 4 22,3	810,827 56	0,427 385 4	Anton	C. H.-F. Peters	23 Juill. 1871
11 6 47,0	965,960 98	0,376 698 1	Watson.	Watson.	6 Août 1871
8 12 19,2	771,404 01	0,441 816 4	Oppenheim	C.-H.-F. Peters	8 Sept. 1871
1 18 40,6	686,032 6	0,475 774 6	Wijkander.	Borrelly	12 Sept. 1871
9 14 44,7	931,691 7	0,387 156	Holetschek.	R. Luther	15 Mars 1872
4 40 9,9	855,504 58	0,411 856 2	Watson.	Watson.	3 Avril 1872
3 0 37,1	644,354 77	0,493 921 1	Plath.	Borrelly	10 Avril 1872

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	ÉQUINOXE moyen de	Nature des ÉLÉMENTS.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.
121. Hermione. .	1881 Nov. 19,0	1880,0	Ép.	68° 6′ 55″,8	358°33′ 55″,6	76° 46′ 1″,6	7°35′53″,5
122. Gerda. . . .	1880 Déc. 20,0	1880,0	Ép.	119 36 30,6	204 27 22,8	178 43 49,3	1 36 30,9
123. Brunhild . .	1879 Fév. 23,0	1879,0	Ép.	148 36 49,6	69 57 30,0	308 27 7,5	6 24 37,9
124. Alkeste . . .	1879 Fév. 9,5	1880,0	Ép.	150 7 18,8	244 49 38,2	188 23 53,6	2 55 50,7
125. Liberatrix .	1879 Janv. 14,0	1879,0	Ép.	129 23 39,2	272 55 22,5	169 32 54,4	4 37 33,7
126. Velleda . . .	1874 Janv. 0,0	1870,0	Ép.	137 41 6,8	347 45 50,3	23 7 10,0	2 56 9,0
127. Johanna. . .	1881 Oct. 10,0	1880,0	Ép.	27 15 14,1	119 59 45,0	31 45 23,3	8 16 47,5
128. Nemesis[Laomia]	1880 Juill. 7,0	1880,0	Ép.	296 4 19,0	16 48 7,7	76 32 3,9	6 15 43,3
129. Antigone . .	1880 Oct. 15,0	1880,0	Ép.	8 46 7,7	241 45 16,6	137 55 47,9	12 9 6,1
130. Elektra . . .	1875 Déc. 21,0	1880,0	Ép.	312 46 19,1	20 32 35,8	146 1 4,8	22 54 49,5
131. Vala.	1880 Mars 15,0	1880,0	Ép.	178 5 49,5	257 54 50,0	65 17 29,9	4 38 29,8
132. Aethra . . .	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	144 48 33,8	152 36 7,5	259 44 22,7	24 56 56,5
133. Cyrene . . .	1880 Déc. 14,0	1880,0	Ép.	95 36 3,4	247 13 19,2	321 7 56,3	7 13 43,6
134. Sophrosyne.	1881 Août 31,0	1880,0	Ép.	351 7 46,1	67 30 48,0	346 21 32,2	11 35 56,8
135. Hertha . . .	1881 Janv. 23,0	1880,0	Ép.	112 26 21,4	319 53 29,6	343 54 55,4	2 18 34,1
136. Austria . . .	1879 Déc. 10,0	1880,0	Ép.	66 48 22,3	316 6 3,1	186 6 56,6	9 33 28,3
137. Meliboea . .	1881 Oct. 10,0	1880,0	Ép.	354 44 5,4	308 11 43,1	204 22 28,3	13 22 16,9
138. Tobosa . . .	1881 Mars 4,0	1880,0	Ép.	179 5 12,1	311 22 36,5	54 49 17,1	3 13 44,3
139. Juewa. . . .	1881 Fév. 23,5	1881,0	Ép.	164 39 12,2	164 34 0,4	2 21 10,3	10 57 18,9
140. Siwa.	1881 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	148 39 12,3	300 17 1,2	107 6 19,6	3 11 34,6
141. Lumen . . .	1880 Mars 29,0	1880,0	Ép.	193 47 0,6	13 53 57,4	319 8 53,8	11 57 18,3
142. Polana . . .	1880 Sept. 5,0	1880,0	Ép.	317 33 36,3	219 53 54,6	292 17 0,5	2 14 25,1
143. Adria	1875 Fév. 26,5	1875,0	Ép.	158 12 5,7	222 27 7,5	333 41 37,0	11 30 11,6
144. Vibilia . . .	1876 Déc. 15,0	1880,0	Ép.	52 46 13,2	7 11 33,7	76 47 33,1	4 48 10,5
145. Adeona . . .	1875 Janv. 0,0	1880,0	Ép.	212 21 59,0	118 28 26,1	77 39 22,2	12 16 12,0
146. Lucina . . .	1875 Juin 21,5	1880,0	Ép.	257 3 17,7	216 3 1,3	84 14 17,6	13 14 46,1
147. Protogeneia.	1880 Juin 7,0	1880,0	Ép.	259 6 47,4	25 58 23,9	251 14 13,4	1 53 53,4
148. Gallia. . . .	1875 Sept. 12,0	1880,0	Ép.	354 49 14,9	36 7 8,1	145 12 57,9	25 21 16,6
149. Medusa. . .	1875 Sept. 30,5	1880,0	Ép.	342 16 21,0	246 41 4,6	160 7 46,4	1 5 54,1
150. Nuwa	1881 Déc. 29,5	1880,0	Ép.	88 8 24,2	355 40 28,3	207 35 11,8	2 8 34,9
151. Abundantia.	1879 Oct. 21,0	1880,0	Ép.	30 45 24,4	167 21 28,2	38 51 43,4	6 27 8,1
152. Atala	1876 Janv. 1,0	1880,0	Ép.	58 32 11,3	84 52 21,8	41 34 28,4	12 12 23,5
153. Hilda	1880 Mai 8,0	1880,0	Ép.	234 30 34,3	285 46 59,1	228 19 42,4	7 54 43,2
154. Bertha . . .	1878 Avril 9,0	1880,0	Ép.	200 17 55,0	184 23 49,7	37 39 32,5	20 59 20,9
155. Scylla. . . .	1875 Nov. 8,5	1875,0	Ép.	61 5 55	82 1 8	42 52 3	14 4 20
156. Xanthippe .	1875 Nov. 27,5	1880,0	Ép.	82 32 32,9	156 0 59,3	246 14 26,4	7 28 37,5
157. Dejanira . .	1875 Déc. 27,5	1881,0	Ép	88 12 55,3	107 24 15,6	62 31 6,9	12 2 4,7
158. Koronis. . .	1881 Janv. 23,0	1880,0	Ép.	116 17 59,7	58 1 28,7	281 13 49,7	0 59 50,5
159. Aemilia. . .	1879 Août 22,0	1880,0	Ép.	311 14 7,7	101 19 54,5	135 15 24,1	6 4 56,6
160. Una	1876 Mars 10,0	1880,0	Ép.	148 46 33,7	55 57 7,9	9 21 40,0	3 51 20,5

ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
7° 11′ 53″,9	551″,562 41	0,538 941 3	Watson.	Watson.	12 Mai 1872
2 19 47,7	615,569 0	0,507 153 3	Stockwell	C.-H.-F. Peters	31 Juill. 1872
7 0 18,4	801,849 95	0,430 609 2	Rogers.	C.-H.-F. Peters	31 Juill. 1872
4 27 37,8	832,002 42	0,419 921 4	A. Hall.	C.-H. F. Peters	23 Août 1872
4 27 32,5	780,723 15	0,438 339 7	Roche et Schulhof . .	Prosper Henry	11 Sept. 1872
6 5 31,4	930.979 2	0,387 377 7	Paul Henry	Paul Henry	5 Nov. 1872
3 50 18,6	775,336 44	0.440 344 3	Renan	Prosper Henry	5 Nov. 1872
7 21 51,8	777.496 4	0,439 538 8	Palisa	Watson. . . . . , .	25 Nov. 1872
12 1 39.3	727.229 46	0,458 890 1	Austin	C.-H.-F. Peters	5 Fév. 1873
11 59 25,5	642,938 8	0,494 558 0	Powalky	C.-H.-F. Peters	17 Fév. 1873
4 40 0,0	942,299 90	0,383 878 3	Stockwell	C.-H.-F. Peters	24 Mai 1873
22 31 39,8	846,364 61	0,414 966 1	Watson.	Watson.	13 Juin 1873
8 2 14,7	663,585 00	0,485 406 7	Maywald	Watson	16 Août 1873
6 44 14,2	864,574 02	0,408 802 9	Maywald.	R. Luther	27 Sept. 1873
11 50 12,1	938,114 96	0,385 167 0	Tietjen.	C.-H.-F. Peters	18 Fév. 1874
4 52 5,5	1026,392 08	0,359 128 9	Oppenheim	Palisa	18 Mars 1874
41 58 34,5	641,545 5	0,515 186	Schulhof.	Palisa	21 Avril 1874
9 19 29,1	926,019 21	0,388 924 4	Plath.	Perrotin	19 Mai 1874
10 12 50,7	765,756 68	0,443 943 9	Tietjen.	Watson.	10 Oct. 1874
12 31 6,2	786,123 37	0,436 343 9	Franz	Palisa	13 Oct. 1874
12 13 47,4	814,516 09	0,436 071 3	Tietjen.	Prosper Henry	13 Janv. 1875
7 35 46,9	942,875 6	0,383 701	Schulhof.	Palisa	28 Janv. 1875
4 10 53,8	773,008	0.441 216	Schramm	Palisa	23 Fév. 1875
13 34 36,5	821,298 4	0,423 670 4	Powalky	C.-H.-F. Peters	3 Juin 1875
7 16 41,4	815,447	0,425 740 6	Porter	C.-H.-F. Peters	3 Juin 1875
3 59 8,9	789,885	0,434 962	A. Schmidt	Borrelly	8 Juin 1875
1 27 49,8	638,665 40	0,496 488 8	Maywald.	Schulhof.	10 Juill. 1875
10 40 31,9	769,514 5	0,442 526 5	Bossert	Prosper Henry	7 Août 1875
6 51 20,4	1139,195	0,328 939 0	Tietjen.	Perrotin	21 Sept. 1875
7 31 15,5	689,956 32	0,474 123 3	Oppenheim	Watson.	18 Oct. 1875
2 3 31,8	850,726 4	0.413 477 8	Tietjen.	Palisa	1 Nov. 1875
4 59 13,8	639,018 7	0,496 329	Bossert	Paul Henry	2 Nov. 1875
9 54 40,1	451,580 2	0,596 847	Kühnert	Palisa	2 Nov. 1875
4 49 45,0	622,362 92	0,503 975 3	Anton.	Prosper Henry	4 Nov. 1875
14 49 28	713,787 5	0,464 292	Schulhof	Palisa	8 Nov. 1875
15 17 23,2	670,230	0,482 521 8	A. Schmidt	Palisa	22 Nov. 1875
12 8 59,6	854,804 0	0,412 092	Leman	Borrelly	1 Déc. 1875
3 2 12,9	730,550 20	0.457 571 1	Tietjen.	Knorre.	4 Janv. 1876
6 15 22,5	648,167 63	0,492 213	Leman	Paul Henry	26 Janv. 1876
3 34 42,5	787,191 5	0,435 950 8	Porter	C.-H.-F. Peters	20 Fév. 1876

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	ÉQUINOXE moyen de	Nature des ÉLÉMENTS.	LONGITUDE moyenne.	du périhélie.	du nœud.	Inclinaison.
161. Athor. . . .	1880 Juin 17,0	1880,0	Ép.	271°57′17″,8	313°19′28″,2	18°35′55″,2	9° 9′46″,1
162. Laurentia. .	1876 Août 25,0	1880,0	Ép.	196 41 22,8	145 45 16,0	38 14 11,6	6 9 17,4
163. Erigone. . .	1876 Mai 26,5	1880,0	Ép.	206 32 52,9	93 49 22,9	159 5 36,1	4 41 28,9
164. Eva	1881 Déc. 29,0	1880,0	Ép.	40 10 53,7	359 39 43,4	77 28 26,6	24 24 43,6
165. Loreley . . .	1878 Janv. 19,0	1880,0	Ép.	48 49 16,5	276 58 49,3	304 7 37,4	11 12 40,8
166. Rhodope . .	1878 Janv. 19,0	1880,0	Ép.	99 14 9,1	30 51 26,0	129 33 29,5	12 1 50,1
167. Urda	1876 Janv. 0,0	1876,0	Ép.	317 43 27,4	32 39 22,2	170 7 25,4	1 42 14,5
168. Sibylla . . .	1881 Juin 12,0	1880,0	Ép	279 46 18,1	11 26 1,1	209 47 26,8	4 32 52,8
169. Zelia.	1880 Oct. 30,0	1880,0	Ép.	43 48 42,2	326 53 35,9	354 37 2,7	5 30 49,9
170. Maria. . . .	1879 Août 22,0	1880,0	Ép.	348 31 42,6	95 47 19,5	301 19 32,8	14 22 50,3
171. Ophelia. . .	1881 Déc. 9,0	1880,0	Ép.	86 57 28,8	143 35 42,2	101 10 11,2	2 33 49,0
172. Baucis . . .	1881 Avril 13,0	1880,0	Ép.	200 7 49,7	328 35 42,0	331 51 30,9	10 1 21,3
173. Ino	1880 Mars 29,0	1880,0	Ép.	192 16 22,3	13 37 50,0	148 35 50,0	14 14 35,7
174. Phaedra . .	1880 Janv. 29,0	1880,0	Ép.	147 42 37,6	253 26 9,1	328 52 14,8	12 10 38,7
175. Andromache.	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	152 52 11,0	293 9 39,8	23 34 7,9	3 46 35,0
176. Iduma. . . .	1881 Mai 23,0	1880,0	Ép.	247 25 14,0	20 49 36,8	201 11 49,6	22 31 22,1
177. Irma	1877 Déc. 7,5	1880,0	Ép.	42 34 7,0	25 14 28,6	348 59 55,1	1 26 3,5
178. Belisana . .	1877 Nov. 7,5	1880,0	Ép.	39 2 46,6	268 13 16,5	50 41 8,4	1 56 44,3
179. Klytaemnestra.	1881 Juill. 22,5	1880,0	Ép.	309 15 7,6	354 53 23,4	253 15 44,0	7 47 52,4
180. Garumna . .	1879 Juin 23,0	1878,0	Ép.	239 44 36,0	126 34 32,2	315 1 13,1	0 53 23,1
181. Eucharis. .	1881 Août 31,0	1880,0	Ép.	0 13 22,2	95 39 1,2	144 45 56,9	18 35 33,3
182. Elsa.	1880 Janv 0,0	1880,0	Ép.	306 50 30,5	54 38 7,9	106 29 32,8	2 0 20,3
183. Istria	1878 Fév. 10,0	1878,0	Ép.	99 11 17,8	44 59 36,2	142 46 2,7	26 30 10,2
184. Dejopeja . .	1881 Oct. 30,0	1880,0	Ép.	36 52 54,2	169 22 20,4	336 18 30,1	1 12 24,5
185. Eunike . . .	1882 Fév. 12,0	1880,0	Ép.	104 14 48,7	15 8 19,8	153 47 24,2	23 15 9,9
186. Celuta. . . .	1879 Déc. 18,5	1879,0	Ép.	16 11 51,6	327 10 33,9	14 33 56,0	13 10 55,2
187. Lamberta. .	1879 Oct. 1,0	1880,0	Ép.	319 2 52,4	113 35 47,0	22 16 34,7	10 42 16,8
188. Monippe . .	1878 Juill. 5,5	1880,0	Ép.	272 46 42,5	309 39 39,7	241 46 7,9	11 21 16,1
189. Phithia . . .	1881 Juin 12,5	1880,0	Ép.	266 6 19,3	8 28 53,8	203 22 10,6	5 9 18,7
190. Ismene . . .	1878 Oct. 26,0	1880,0	Ép.	36 13 55,1	105 17 13,3	177 1 54,1	6 7 0,6
191. Kolga	1878 Nov. 15,5	1878,0	Ép.	10 55 45,8	16 22 11,8	159 52 47,6	11 32 27,7
192. Nausikaa . .	1881 Déc. 29,0	1880,0	Ép.	60 16 37,3	10 35 4,7	343 17 35,1	6 52 23,3
193. Ambrosia. .	1879 Mars 25,5	1879,0	Ép.	139 40 6,9	70 51 31,1	351 14 32,4	11 38 32,2
194. Prokne . . .	1880 Août 16,0	1880,0	Ép.	320 39 47,9	319 53 1,6	159 23 11,6	18 24 5,3
195. Eurijkleia. .	1879 Mai 22,5	1881,0	Ép.	202 1 0,3	111 34 29,1	8 7 41,0	7 6 54,2
196. Philomela .	1881 Sept. 25,0	1880,0	Ép.	352 12 48,6	278 15 50,0	73 20 20,8	7 17 32,0
197. Arete	1879 Juin 27,5	1880,0	Ép.	267 24 49,2	324 45 56,1	82 8 5,3	8 47 25,3
198. Ampella . .	1882 Mars 14,0	1880,0	Ép.	182 28 38,3	354 46 28,1	268 44 49,1	9 19 47,3
199. Byblis. . . .	1879 Juill. 25,5	1880,0	Ép.	271 8 9,6	262 13 52,5	90 26 21,9	15 14 25,0
200. Dynamene .	1881 Janv. 3,0	1880,0	Ép.	85 30 46,3	46 27 14,9	325 24 33,5	6 55 24,7

ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi-grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
7°51′41″,0	970″,000 48	0,375 489 8	Watson	Watson	19 Avril 1876
10 5 22,8	673,135	0,481 270	Zelbr.	Prosper Henry	21 Avril 1876
9 0 59,3	981,148	0,372 181 4	Leman	Perrotin	26 Avril 1876
20 18 22,8	830,307 8	0,420 511 7	Küstner	Paul Henry	12 Juill. 1876
4 22 45,6	642,093 8	0,494 938 7	Powalky	C.-H.-F. Peters	9 Août 1876
12 21 32,5	803,002 1	0,430 193 7	Powalky	C.-H.-F. Peters	15 Août 1876
18 10 30,6	614,475	0,507 668 1	C.-A.-F. Peters	C.-H.-F. Peters	28 Août 1876
4 3 39,5	571,884 34	0,528 466 3	Tietjen	Watson	27 Sept. 1876
7 33 2,2	978,502 5	0,372 963 1	Leman	Prosper Henry	28 Sept. 1876
3 39 58,6	868,827 88	0,407 381 8	Abetti	Perrotin	10 Janv. 1877
6 45 32,7	635,548 70	0,497 905 2	Maywald	Borrelly	13 Janv. 1877
6 30 20,4	966,398 25	0,376 567 0	Tietjen	Borrelly	5 Fév. 1877
11 49 18,6	780,236 9	0,438 520 1	Tietjen	Borrelly	1 Août 1877
8 39 18,2	732,125 49	0,456 947	Oppenheim	Watson	2 Sept. 1877
20 22 12,9	541,009 89	0,544 534 3	Watson	Watson	1 Oct. 1877
9 27 28,8	622,636 0	0,503 848 3	Howe	C.-H.-F. Peters	14 Oct. 1877
13 28 13,5	774,692 3	0,440 584 9	Küstner	Paul Henri	5 Nov. 1877
3 20 1,6	920,097 0	0,390 782 0	Rüling	Palisa	6 Nov. 1877
6 14 40,5	692,225 68	0,473 172 5	Oppenheim	Watson	11 Nov. 1877
9 49 58,1	787,412 0	0,435 870	Leman	Perrotin	29 Janv. 1878
12 44 3,9	644,384 81	0,493 908	Leman	Cottenot	2 Fév. 1878
10 43 51,2	944,048 7	0,383 341	Robbers	Palisa	7 Fév. 1878
20 40 17,7	756,376 7	0,447 526	Donner	Palisa	8 Fév. 1878
4 9 33,4	623,266 9	0,503 555 0	Thraen	Palisa	28 Fév. 1878
7 19 46,2	783,334 9	0,437 372 7	Maywald	C.-H.-F. Peters	1 Mars 1878
8 42 7,9	977,108 5	0,373 376	Leman	Paul Henry	6 Avril 1878
13 36 53,8	782,391 39	0,437 722	Leman	Coggia	11 Avril 1878
12 33 10,2	748,825	0,450 417 5	Leman	C. H.-F. Peters	18 Juin 1878
2 2 4,6	925,508 46	0,389 084 1	Oppenheim	C.-H.-F. Peters	9 Sept 1878
9 18 12,2	454,067 4	0,595 257 6	Küstner	C.-H.-F. Peters	22 Sept. 1878
4 42 6,6	722,498 3	0,460 780	Leman	C.-H.-F. Peters	30 Sept. 1878
14 15 47,5	952,699 72	0,380 700 3	Lange	Palisa	17 Fév. 1879
16 34 52,0	858,296 0	0,410 913	Leman	Coggia	28 Fév. 1879
13 43 12,1	838,139 2	0,417 793 6	Küstner	C.-H.-F. Peters	21 Mars 1879
4 1 2,4	730,276 7	0,457 681	Leman	Palisa	22 Avril 1879
0 38 27,7	645,152 9	0,493 562 7	Maywald	C.-H.-F. Peters	14 Mai 1879
9 28 53,9	780,974 6	0,438 246	Lange	Palisa	21 Mai 1879
13 5 48,4	919,877 7	0,390 851 0	Maywald	Borrelly	13 Juin 1879
9 20 30,9	619,707 5	0,505 213	Leman	C.-H.-F. Peters	9 Juill. 1879
7 40 2,9	783,274 7	0,437 394 9	Groeben	C.-H.-F. Peters	27 Juill. 1879

NOM ET NUMÉRO.	ÉPOQUE, t. m. Berlin.	ÉQUINOXE moyen de	Nature des ÉLÉMENTS.	LONGITUDE moyenne.	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud.	Inclinaison.
201. Peneloppe .	1879 Sept. 12,5	1880,0	Ép.	335° 6′ 50″,3	334° 38′ 52″,1	157° 5′ 55″,4	5° 43′ 38″,8
202. Chryseïs . .	1881 Janv. 13,0	1880,0	Ép.	90 23 49,4	129 46 20,1	137 47 28,5	8 48 8,0
203. Pompeja . .	1881 Janv. 27,5	1881,0	Ép.	121 10 53,0	43 24 19,8	348 37 57,7	3 12 46,5
204. Kallisto. . .	1880 Janv. 9,0	1880,0	Ép.	30 34 18,7	257 32 30,0	205 40 14,3	8 19 29,0
205. Martha . . .	1881 Janv. 22,5	1880,0	Ép.	127 50 15,3	21 54 12,7	212 12 18,9	10 39 58,2
206. Hersilia. . .	Les observations n'étaient pas suffisantes pour permettre le calcul des éléments.						
207. Hedda. . . .	1881 Fév. 24,5	1880,0	Ép.	172 55 14,7	217 43 24,7	28 52 9,5	3 49 41,7
208. Lacrymosa .	1879 Nov. 12,5	1879,0	Ép.	37 15 21,5	233 13 40,1	7 46 3,7	1 58 2,0
209. Dido	1882 Mars 9,5	1880,0	Ép.	173 49 55,1	257 32 56,8	2 0 15,5	7 15 0,6
210. Isabella. . .	1879 Déc. 11,5	1879,0	Ép.	52 36 58,4	56 42 17,1	32 46 34,9	5 12 2,4
211.	1880 Avril 6,5	1880,0	Ép.	98 22 4,5	74 12 26,5	265 28 45,5	3 50 52,6
212	1880 Mars 13,5	1880,0	Ép.	144 50 30,1	62 21 48,2	314 57 22,7	4 10 31,9
213. Lilaea. . . .	1880 Mars 29,0	1880,0	Ép.	178 39 3,4	281 16 20,4	222 24 29,7	6 47 32,1
214.	1881 Juill. 2,0	1880,0	Ép.	277 52 25,92	113 19 0,55	342 28 34,84	3 26 58,15
215 Oenone . . .	1880 Mai 12,5	1880,0	Ép.	216 56 8,6	335 39 53,8	25 23 57,3	1 43 5,5
216.	1880 Juin 3,5	1880,0	Ép.	279 13 31,2	32 8 14,7	215 49 21,9	13 2 4,1
217. Eudora . . .	1880 Sept. 13,5	1880,0	Ép.	332 18 57,5	314 54 16,5	164 0 31,0	10 16 11,9
218	1880 Nov. 28,5	1880,0	Ép.	352 24 5,6	228 59 27,6	171 0 13,6	15 14 42,4
219.	1881 Janv. 4,5	1880,0	Ép.	29 31 46,2	340 33 36,7	200 44 2,1	10 46 45,1
220.	1881 Mai 31,5	1881,0	Ép.	270 21 4,1	322 34 39,4	260 36 27,2	6 45 7,7
221.	1882 Mars 12,5	1882,0	Ép.	149 22 44,1	330 54 17,2	142 47 53,3	11 45 13,5
222.	1882 Mars 12,5	1882,0	Ép.	173 24 51,9	236 46 49,8	78 10 15,4	2 6 54,0

Si l'on veut se tenir au courant des découvertes d'astéroïdes nouveaux, des observations des petites planètes et du calcul des orbites de ces corps, il faut recourir à la publication périodique suivante, dirigée par *Tietjen*, à Berlin :

2510. Circulare zum Berliner astronomischen Jahrbuch nebst Correspondenzen über Planeten Beobachtungen; 8° Berlin.

Cette publication paraît par numéros détachés, d'une demi-feuille ou de trois quarts de feuille. Le n° 1 a paru en 1875; à la fin de mars 1882, on est au n° 178.

Les perturbations de Mars peuvent fournir une limite à la masse totale du système des astéroïdes. *Le Verrier,* ayant examiné, dans ce but, les écarts des observations de cette planète par rapport aux tables, trouve que la masse de tous les astéroïdes

ANGLE dont le sinus est égal à l'excentricité.	Moyen mouvement diurne.	Logarithme du demi grand axe.	CALCULATEUR.	AUTEUR de la découverte.	DATE de la découverte.
10° 29′ 22″,5	809″,932	0,427 706	Richter.	Palisa	7 Août 1879
5 30 17,5	657,151 3	0,488 227 5	Küstner	C.-H.-F. Peters	11 Sept. 1879
3 24 34,4	782,781 3	0,437 577 5	Tietjen.	C. H.-F. Peters	25 Sept. 1879
10 6 30,3	812,018 5	0,426 960 2	Palisa	Palisa	8 Oct. 1879
1 59 47,1	766,691 9	0,443 590 5	Küstner	Palisa	13 Oct. 1879
				C.-H.-F. Peters . . .	13 Oct. 1879
1 42 23,5	1027,364 3	0,358 854 7	Küstner	Palisa	17 Oct. 1879
2 56 42,7	729,102	0,458 146	Zinn	Palisa	21 Oct. 1879
3 39 4,1	636,584 7	0,497 433 6	?	C.-H.-F. Peters. . . .	22 Oct. 1879
7 49 20,8	780,022 7	0,438 599 6	Lange	Palisa	12 Nov. 1879
8 51 46,0	667,295 2	0,483 792 4	Palisa	Palisa	10 Déc. 1879
5 23 9,5	644,937	0,493 660	Zinn	Palisa	6 Fév. 1880
8 11 0,6	778,136 0	0,439 300 7	Leavenworth.	C.-H.-F. Peters	16 Fév. 1880
1 47 45,66	840,993 1	0,416 809 4	Lookout	Palisa	26 Fév. 1880
1 59 29,2	770,230 2	0,442 257 4	Groeben	Knorre.	7 Avril 1880
14 25 41,8	758,779 5	0,446 594	?	Palisa	10 Avril 1880
17 51 32,8	727,537	0,458 768	Callandreau.	Coggia	30 Août 1880
6 33 57,0	813,660	0,426 376	Jesse.	Palisa	4 Sept. 1880
12 59 3,9	982,292 5	0,371 846	Darmer.	Palisa	30 Sept. 1880
17 7 41,9	952,886 0	0,380 644	Leman	Palisa	19 Mai 1881
8 8 22,5	682,319	0,477 346	Lange	Palisa	18 Janv. 1882
9 52 46,4	621,528	0,504 364	Lange	Palisa	9 Fév. 1882

réunis, qui peuvent exister entre les distances moyennes 2,20 et 3,16, n'atteint pas $\frac{1}{4}$ de la masse de la Terre (**Paris, Crh, XXXVII, 1853, 797**). Les excentricités ni les inclinaisons ne peuvent changer que dans d'étroites limites, et ont par conséquent été toujours assez différentes les unes des autres; les moyens mouvements des périhélies et des nœuds sont à peu près proportionnels au temps ; mais ces conditions de stabilité disparaissent en dedans de la distance au Soleil 2,00 (ibid., p. 965).

S'il y a une certaine permanence dans le système des astéroïdes, en revanche la grande variété des moyens mouvements ouvre le champ à de quasi-commensurabilités, qui donnent lieu à d'importantes perturbations périodiques.

Parmi les travaux qui signalent les plus remarquables de ces inégalités, il faut citer :

2511. **Le Verrier, U. J.** Détermination d'une grande inégalité du moyen mouvement de la planète Pallas. **Paris, Crh, XX, 1845, 767.**

2512. **Le Verrier, U. J.** ... Développement de la fonction perturbatrice relative à l'action de Jupiter sur Pallas; inégalité à longue période du mouvement de cette dernière planète. **Paris, MOb, I, 1855, 384.**

2513. **Souchon, A.** Sur une grande inégalité du moyen mouvement de la planète Concordia. **JdM_3, VI, 1880, 337.**

2514. **Kirkwood, D.** [Inégalités à longues périodes dans le mouvement de certains astéroïdes]. **AJl, VI, 1861, 126, 144.**

Il signale dix rapports approchés entre les moyens mouvements de certains astéroïdes et ceux de Mars ou de Jupiter.

Les astéroïdes sont loin d'avoir tous des tables. Nous allons indiquer les tables préparées jusqu'ici pour les mouvements de ces petits corps, ainsi que les travaux entrepris pour faciliter le calcul des perturbations de quelques-uns d'entre eux.

1 = Ceres.

2515. **Gauss, C. F.** Tafeln für die Störungen der Ceres. **MCz, VII, 1803, 259.**

2516. **Damoiseau, M. C. T. de.** Perturbations ... de Cérès. **CdT, 1846, 32.**

2517. **Damoiseau, M. C. T. de.** Mémoire sur les variations séculaires des éléments elliptiques de Pallas et de Cérès. Hitoria e memorias da Academia das sciencias de Lisboa, 4°, Lisboa; vol. III, part. I, 1812, p. 15.

2 = Pallas.

2518. **Encke, J. F.** Die Berechnung der Pallas Störungen. **Berlin, Ber, 1855, 215.**

2519. **Serret, C. J.** Mémoire sur les perturbations de Pallas. **Paris, Crh, LXI, 1865, 21; LXII, 1866, 613.**

Sur les perturbations séculaires de Pallas, voyez le mémoire de *de Demoiseau*, cité sous le n° 2517.

3 = Juno.

2520. **Damoiseau, M. C. T. de.** Perturbations de Junon ... **CdT, 1846, 32.**

4 = Vesta.

2521. **Daussy, P.** Tables de Vesta. **CdT, 1820, 219.**

2522. **Encke, J. F.** Ueber die Störungen der Vesta durch Jupiter, Saturn und Mars, berechnet von der Hrn. *Wolfers* und *Galle*. **Berlin, Abh, 1840, 59.**

2523. **Leveau, G.** Théorie du mouvement de Vesta. **Paris, MOb, XV, 1880, A 1.**

2524. **Perrotin, J.** Théorie de Vesta. Annales de l'Observatoire de Toulouse, 4°, Toulouse; vol. I, part. II, 1881, p. B1.

Les perturbations séculaires et périodiques.

7 = Iris.

2525. **Brünnow, F.** Tables of Iris; 4°, Dublin, 1869.

8 = Flora.

2526. **Brünnow, F.** Tafeln der Flora; 4°, Berlin, 1855.

9 = Metis.

2527. **Lesser, O. L.** Tafeln der Metis. **Leipzig, Pub, II, 1865.**

11 = Parthenope.

2528. **Schubert, E.** Tables of Parthenope; 4°, Washington, 1871.

12 = Victoria.

2529. **Brünnow, F.** Tables of Victoria computed with regard to the perturbations of Jupiter and Saturn; 4°, New York, 1859.

13 = Egeria.

2530. **Hansen, P. A.** Tafeln der Egeria mit Zugrundlegung der Störungen dieses Planeten; 4°, Leipzig, 1867.

15 = Eunomia.

2531. **Schubert, E.** Tables of Eunomia; 4°, Washington, 1866.

16 = Psyche.

2532. **Schubert, E.** Variations of the constants of Psyche by Jupiter from 1870 Jan. 0 up to 1900 Jan. 0. **ANn, LXXV, 1870, 209.**

18 = Melpomene.

2533. **Schubert, E.** Tables of Melpomene; 4°, Washington, 1860.

20 = Massalia.

2534. Schubert, E. Elements of Massalia, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXX, 1873, 257.

21 = Lutetia.

2535. Lesser, O. L. Tafeln der Lutetia; 4°, Altona, 1865.

23 = Thalia.

2536. Schubert, E. Elements of Thalia, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVI, 1870, 97.

24 = Themis.

2537. Krüger, A. Om Themis-perturbationer genom Mars. Öfversigt af Finska Vertenskaps-Societetens Forhandlingar; vol. VIII, 8°, Helsingfors, 1866, p. 46.

29 = Amphitrite.

2538. Becker, E. Tafeln der Amphitrite. Leipzig, Pub, X, 1870.

31 = Euphrosyne.

2539. Schubert, E. Elements of Euphrosyne, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVII, 1871, 1.

33 = Polyhymnia.

2540. Schubert, E. Elements of Polyhymnia, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVII, 1871, 97.

35 = Leucothea.

2541. Schubert, E. Elements of Leucothea, their variations, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVIII, 1872, 65.

36 = Atalante.

2542. Schubert, E. Elements of Atalante, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXVIII, 1872, 305.

37 = Fides.

2543. Schubert, E. Elements of Fides, their variations by Jupiter, and table for the solution of Kepler's problem. ANn, LXXIX, 1872, 369.

55 = PANDORA.

2544. **Möller, A.** Allgemeine Störungen der Pandora. **Stockholm, Hdl_3, IX, 1870, n° 3.**

73 = CLYTIA.

2545. **Oppenheim, H.** Berechnung der allgemeinen Störungen des Planeten (73) Clytia durch Jupiter. **ANn, XCVIII, 1881, 113.**

§ 241. ORIGINE ET DISTRIBUTION.

Les astronomes se sont livrés à diverses spéculations sur l'origine des astéroïdes. Dès la découverte du n° 2 [Pallas], *Olbers* émit l'idée qu'on était en présence des fragments d'une planète brisée (**BaJ, 1805, 108**). Mais les découvertes ultérieures ont fait voir que les différentes orbites n'ont pas d'appulse commune. La question de l'origine des astéroïdes se lie, en effet, à celle de leur distribution actuelle. Les principales études à consulter sur ce double sujet sont les suivantes :

2546. **Mauvais, V.** Sur les intersections mutuelles des plans des orbites des petites planètes. **Paris, Crh, XXII, 1846, 157.**

2547. **Gould, B. A.** Untersuchungen über die gegenseitige Lage der Bahnen der zwischen Mars und Jupiter sich bewegenden Planeten; 4°, Göttingen, 1848.

Traduction.

On the orbits of the asteroids (par l'auteur). Dans **AJS_2, VI, 1848, 28.**

2548. **Arrest, H. d'.** Ueber das System der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter; 4°, Leipzig, 1854.

2549. **Jahn, G. A.** Ueber die gegenseitige Lage der 24 kleinen zuerst entdeckten Planeten. **ANn, XXXVIII, 1854, 81...** — Reproduit : **Unt, VIII, 1854, 377...**

2550. **Plana, J.** Nota sulla probabile formazione della moltitudine di asteroidi che circolano intorno al Sole tra Marte e Giove. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; t. III, 1856, p. 148.

2551. **Plana, J.** Nota sulla configurazione originaria degli anelli, la cui materia esiste attualmente nelle spazio, trasformata in varii pianeti circolanti attorno al Sole tra Marte e Giove. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; t. XIII, 1861, p. 146.

2552. **Newcomb, S.** Comparison of the actual and probable distribution in longitude of the nodes and perihelia of 105 small planets. **ANn, LXXIII, 1869, 287.**

2553. **Flammarion, C.** Petites planètes situées entre Mars et Jupiter.

Dans ses Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; t. VII, 1877, p. 137.

2554. **Doberck, A. W.** Concerning planetoid orbits. **ANn, XCV, 1879, 81.**

Sur la distribution des périhélies et des nœuds.

2555. **Niesten, L.** Les astéroïdes. **Bruxelles, Ann, 1881, 226.**

2556. **Hornstein, C.** Zur Kenntniss des Asteroiden-Systems. **Wien, Stz, LXXXIV, 1881, 7.**

§ 242 DIAMÈTRES.

On n'a jusqu'ici qu'un très-petit nombre de mesures des diamètres de quelques astéroïdes. Nous allons les rapporter, en prenant ces corps dans l'ordre numérique.

Afin d'établir l'uniformité, nous avons réduit toutes les mesures à la distance moyenne de la petite planète dont il est question au Soleil.

1 = Ceres.

1802. W. Herschel. (**London, PTr, 1802, 213.**) . . . . 0",127

1805. Schroeter. (Lilienthalische Beobachtungen der Ceres, Pallas und Junon, 8°, Göttingen; p. 158.) 1,259

1839. Galle. (**Berlin, Beo, I, 1840, 147.**) 0,32

1866. Knott. (**ARr, IV, 1867, 137.**) 0,510

Les mesures des diamètres de Ceres, Pallas et Junon, au micromètre à projection, par *Huth* (**BaJ, 1808, 238**), donnent des résultats évidemment trop forts.

2 = Pallas.

1805. Schroeter. (Lilienthalische Beobachtungen, 8°, Göttingen; p. 223.) 1",626

1807. W. Herschel. (**London, PTr, 1807, 260.**) 0,09

1837. Lamont. (**ANn, XIV, 182.**) 0,26

3 = JUNO.

1805. SCHROETER. (Lilienthalische Beobachtungen, 8°, Göttingen; p. 296.) 1",144

4 = VESTA.

1816. SCHROETER. (Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen ; p. 252.) 0",513
1847. MÄDLER. (ANn, XXV, 402.) 0,272
1855. SECCHI. (Cité : Nature, 4°, London, vol. XXII, 1880, 231.) . . . 0,428
1881. TACCHINI. (ANn, XCVIII, 56.) 0,830
1881. MILLOSEVICH. (ANn, XCIX, 174). 0,597

7 = IRIS.

1866. TALMAGE. (Nature, 4°, London, XXII, 1880, 231.). . . . . . 0",37

La discordance de ces nombres en montre assez l'incertitude.

En présence des difficultés extrêmes de mesurer des diamètres angulaires d'une pareille exiguïté, on a cherché à estimer les diamètres linéaires des astéroïdes, d'après leur éclat apparent. Si l'albedo de ces corps était uniforme et numériquement déterminé, cette marche serait applicable. Pour le moment, on est forcé de faire, sur ces différents points, des hypothèses plus au moins vraisemblables.

Nous parlerons tout à l'heure des déterminations expérimentales d'éclat ; nous allons donner immédiatement les évaluations auxquelles différents astronomes ont été conduits, pour les diamètres linéaires.

Argelander s'est basé sur certaines considérations présentées par *Stampfer* (Wien, Stz, VII, 1851, 756), relativement à l'éclairement des planètes, et sur différentes estimations de leur éclat relatif. Il a formé de cette manière le tableau suivant (ANn, XLI, 1855, 340):

Diamètres en milles allemands.

1 = Ceres	49,0	14 = Irene	14,8
2 = Pallas	34,4	15 = Eunomia	25,5
3 = Juno	23,0	16 = Psyche	20,0
4 = Vesta	58,5	17 = Thetis	8,1
5 = Astraea	13,0	18 = Melpomene	11,5
6 = Hebe	21,5	19 = Fortuna	13,3
7 = Iris	21,5	23 = Thalia	9,0
8 = Flora	13,9	27 = Euterpe	8,7
9 = Metis	16,7	28 = Bellona	13,0
10 = Hygiea	25,5	29 = Amphitrite	18,0
11 = Parthenope	14,0	30 = Urania	11,3
12 = Victoria	11,5	31 = Euphrosyne	11,2
13 = Egeria	15,8	33 = Polyhymnia	8,2

Partant des rapports d'éclat entre les divers astéroïdes, et des diamètres angulaires de Ceres et de Pallas mesurés respectivement par *W. Herschel* et *Lamont*, *E. J. Stone* donne le tableau suivant (**London MNt, XXVII, 1867, 302**) :

Diamètres en milles anglais.

1 = Ceres	196	37 = Fides	47
2 = Pallas	171	38 = Leda	40
3 = Juno	124	39 = Laetitia	90
4 = Vesta	214	40 = Harmonia	61
5 = Astraea	57	41 = Daphne	61
6 = Hebe	92	42 = Isis	39
7 = Iris	88	43 = Ariadne	33
8 = Flora	61	44 = Nysa	42
9 = Metis	76	45 = Eugenia	44
10 = Hygiea	103	46 = Hestia	25
11 = Parthenope	63	47 = Aglaja	43
12 = Victoria	51	48 = Doris	57
13 = Egeria	60	49 = Pales	61
14 = Irene	65	50 = Virginia	25
15 = Eunomia	92	51 = Nemausa	38
16 = Psyche	75	52 = Europa	72
17 = Thetis	50	53 = Calypso	29
18 = Melpomene	51	54 = Alexandra	40
19 = Fortuna	56	55 = Pandora	44
20 = Massalia	65	56 = Melete	29
21 = Lutetia	39	57 = Mnemosyne	63
22 = Calliope	78	58 = Concordia	31
23 = Thalia	47	59 = Elpis	36
24 = Themis	24	60 = Echo	17
25 = Phocaea	36	61 = Danae	38
26 = Proserpina	44	62 = Erato	40
27 = Euterpe	59	63 = Ausonia	49
28 = Bellona	65	64 = Angelina	44
29 = Amphitrite	83	65 = Cybele	63
30 = Urania	44	66 = Maja	18
31 = Euphrosyne	46	67 = Asia	22
32 = Pomona	42	68 = Leto	60
33 = Polyhymnia	36	69 = Hesperia	32
34 = Circe	29	70 = Panopaea	36
35 = Leukothea	31	71 = Niobe	46
36 = Atalante	18		

§ 243. ÉCLATS.

Bien que presque tous les astéroïdes soient télescopiques, Vesta, le plus brillant de tous, atteint cependant parfois la 6e magnitude, et *Heis* rapporte qu'il a été aperçu, à plusieurs reprises, à l'œil nu (**WfA, VIII, 1865, 105; XVI, 1873, 216**).

Les éclats, à distance égale, de onze astéroïdes, en fonction de l'éclat de Vesta pris pour unité ont été évalués comme suit par *J. Ferguson* (**ANn, XXXIV, 1852, 158**) :

4 = Vesta	1,000	10 = Hygiea	0,859
5 = Astraea	0,411	11 = Parthenope . . .	0,375
6 = Hebe	0,611	12 = Victoria	0,508
7 = Iris.	0,625	13 = Egeria	0,460
8 = Flora	0,659	14 = Irene	0,438
9 = Metis	0,382	15 = Eunomia	0,602

Bruhns, en se basant sur les observations tant publiées qu'inédites d'*Argelander*, a formé la table suivante des éclats de différentes petites planètes, à l'opposition (**ANn, XLIV, 1856, 238**). Nous joignons, dans une dernière colonne, les chiffres correspondants donnés par *Pogson* (**London, MNt, XVII, 1857, 12**).

	Magnitude				Magnitude		
	Selon *Bruhns*.		Selon *Pogson*.		Selon *Bruhns*.		Selon *Pogson*.
1 = Ceres. . .	entre 6,9	et 7,8	7,5	21 = Lutetia . .	entre 9,3	et 11,2	10,5
2 = Pallas. . .	» 6,4	8,6	7,9	22 = Calliope . .	» 8,9	10,0	10,2
3 = Juno . . .	» 7,0	9,9	8,7	23 = Thalia. . .	» 9,1	11,9	10,7
4 = Vesta . . .	» 5,9	7,0	6,4	24 = Themis . .	» 11,3	12,6	11,6
5 = Astraea . .	» 8,6	10,8	9,9	25 = Phocaea . .	» 9,0	12,0	10,7
6 = Hebe . . .	» 7,0	9,4	8,5	26 = Proserpina .	» 10,0	11,0	10,8
7 = Iris. . . .	» 7,0	9,6	8,5	27 = Euterpe . .	» 9,0	11,3	10,2
8 = Flora . . .	» 7,8	9,8	8,7	28 = Bellona . .	» 9,4	11,1	10,3
9 = Metis . . .	» 8,1	9,6	8,7	29 = Amphitrite	» 8,7	9,5	9,1
10 = Hygiea . .	» 9,0	10,1	9,8	30 = Urania. . .	» 8,9	10,4	10,1
11 = Parthenope	» 8,9	10,0	9,6	31 = Euphrosyne	» 10,0	12,3	11,3
12 = Victoria . .	» 8,5	11,1	9,8	32 = Pomona . .	» 10,5	11,5	11,0
13 = Egeria . .	» 8,9	9,9	9,7	33 = Polyhymnia	» 9,0	12,9	11,2
14 = Irene . . .	» 8,5	10,5	9,8	34 = Circe . . .	» 11,0	12,1	11,6
15 = Eunomia .	» 7,3	9,4	8,5	35 = Leukothea .	» 11,1	13,5	»
16 = Psyche . .	» 8,8	10,3	10,0	36 = Atalante. .	» 10,4	13,9	12,5
17 = Thetis . .	» 9,1	10,6	9,9	37 = Fides. . .	» 9,7	11,7	10,8
18 = Melpomene.	» 7,8	10,3	9,4	38 = Leda . . .	» 10,4	12,4	»
19 = Fortuna . .	» 8,5	10,3	9,5	39 = Laetitia . .	» 8,2	9,3	»
20 = Massalia. .	» 8,3	10,0	9,2				

La plupart des astéroïdes découverts postérieurement sont de moindre magnitude.

§ 244. CONSTITUTIONS PHYSIQUES.

On ne possède jusqu'ici que fort peu de notions sur la condition physique des astéroïdes. On pourra toutefois consulter :

2557. **Herschel, W.** Observations on the two lately discovered celestial bodies [Ceres and Pallas]. **London, PTr, 1802, 213.**

2558. **Schroeter, J. H.** Lilienthalische Beobachtungen der neu entdeckten Planeten Ceres, Pallas und Juno; 8°, Göttingen, 1805.

2559. **Schroeter, J. H.** Observations and measurements of the planet Vesta. **London, PTr, 1807, 245.**

2560. **Herschel, W.** Observations on the nature of the new celestial body [Vesta] discovered by Dr. *Olbers.* **London, PTr, 1807, 260.**

CHAPITRE XVII.

JUPITER.

§ 245. MOUVEMENTS ET TABLES.

Jupiter ne pouvait manquer d'attirer de bonne heure, par son éclat, l'attention des observateurs. Le 3 septembre de l'an — 240, on remarqua une appulse de cet astre avec δ Cancri (**Ptolemaeus, MCo, lib.** II, **cap. 3**); c'est la plus ancienne mention astronomique de cette planète.

La première opposition de Jupiter, enregistrée astronomiquement, dont le souvenir soit conservé, est celle qu'a notée *Ptolémée*, le 18 mai de l'an + 133 (**Ptolemaeus, MCo, lib.** XI, **cap. 1**). La plus ancienne occultation de cette planète, rapportée à sa date, est celle que les astronomes chinois ont observée à Kien-kang, le 23 décembre 357 (*Gaubil,* dans **CdT, 1810, 303**). Parmi celles enregistrées en occident, on cite l'observation curieuse, faite le 23 novembre 755, d'une disparition de cette planète derrière la Lune, pendant que celle-ci était éclipsée (*Calvisius*, Opus chronologicum, 4°, Lipsiae, 1606; citant les Annales de *Roger of Hoveden,* publiées dans les Rerum anglicarum scriptores de *Savilius,* fol., Londini, 1596; p. 230. — Comparez **BaJ, 1799, 138, 141**).

Comme monographie de Jupiter, on peut voir l'article :

2561. **Arago, F.** Jupiter. **Arago, Apc, IV, 1853, 323.**

Ainsi que celui

2562. **Webb, T. W.** Jupiter. Dans ses Celestial objects for common telescopes, 8°, London, 1859; 3e édit., 1877, p. 133; 4e édit., 1881, p. 151.

Les premières tables de Jupiter étaient purement elliptiques. Le calcul des perturbations de cette planète fut commencé par *Lalande* (**CdT, 1763, 128**). On trouve l'expression de ces perturbations dans les mémoires suivants :

2563. **Lambert, J. H.** Störungen des Jupiter. *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 272.

2564. **Schubert, F. T.** Sekular- und periodische Gleichungen des Jupiter.

Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 4°, St. Petersburg; vol. III, 1798, p. 256, 266.

2565. **Laplace, P. S. de.** Théorie de Jupiter. **Laplace, TMc, III, 1802,** liv. VI, ch. 12.

2566. **Burckhardt, J. C.** Sur les petites équations qui existent dans la théorie de Jupiter. **CdT, 1820, 412.**

2567. **Schubert, F. T.** Inégalités séculaires et inégalités périodiques de Jupiter.

Dans son Traité d'astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg ; vol. III, 1834, p. 398, 401.

2568. **Pontécoulant, G. de.** Théorie de Jupiter.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; vol. III, 1834, p. 432, 490.

2569. **Lehmann, W.** Säcularstörungen des Jupiters. **ANn, LX, 1863, 294.**

2570. **Le Verrier, U. J.** Théorie du mouvement de Jupiter. **Paris, MOb, XI, 1876, 105, [1].**

Voyez en outre les Additions, 1, 7 et 13, dans le même volume.

Voici les principaux systèmes d'éléments des tables modernes. La lettre t représente toujours le nombre d'années juliennes comptées depuis l'époque.

1789. Éléments de Delambre. (Tables de Jupiter et de Saturne; 4°, Paris) :

Époque 1750, janv. 0j,0 t. m. Paris.	
Longitude moyenne	3°42′ 29″,1 + 109 251″,699 28 t,
— du périhélie	10 21 4,0 + 46,730 92 t,
— du nœud	97 54 22,0 + 33,699 90 t,
Inclinaison	1 19 2,3 — 0,224 t,
Plus grande équation du centre	5 30 38,3 + 0,553 6 t.

1808. Premiers éléments d'A. Bouvard. (Nouvelles tables de Jupiter et de Saturne; 4° Paris).

Époque 1750, janv. 0j,0 t. m. Paris.	
Longitude moyenne	3°43′ 9″,00 + 109 256″,432 04 t,
— du périhélie	10 19 53,26 + 56,751 01 t,
— du nœud	97 56 25,45 + 34,289 79 t,
Inclinaison	1 19 2,81 — 0,225 96 t,
Plus grande équation du centre	5 30 37,84 + 0,659 0 t.

1821. Derniers éléments d'A. Bouvard. (Tables astronomiques contenant les tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus; 4°, Paris).

Époque 1800, janv. 0j,5 t. m. Paris.

Longitude moyenne	81° 52′ 19″,33 +	109 256″,718 46	t,
— du périhélie	11 7 57,90 +	56,750	t,
— du nœud	9 25 44,93 +	34,323	t,
Inclinaison	1 18 51,70 —	0,226	t,
Plus grande équation du centre	5 31 14,33 +	0,633	t.

1876. Éléments de Le Verrier. (Paris, MOb, XII, 26-29).

Époque 1800, janv. 1j,0 t. m. Paris.

Longitude moyenne	160° 1′ 10″,26 +	109 306″,872 13	t,
— du périhélie	11 54 58,41 +	57,903 21	t,
— du nœud	98 56 17,0 +	36,366 17	t,
Inclinaison	1 18 41,37 —	0,203 2	t,
Plus grande équation du centre	5 31 45,32 +	0,687 52	t.

Le Verrier a établi sa théorie sur les observations de Greenwich de 1750 à 1869 et sur celles de Paris de 1837 à 1867.

H. *Breen* avait discuté, en 1870, les observations de Greenwich de 1750 à 1865. Il en avait tiré les corrections des derniers éléments de *Bouvard* pour quatre époques différentes, savoir : 1750, 1772, 1811 et 1840 (Greenwich, Obs, 1868, app. I, p. 22. — Reproduit : London, Pro, XVII, 1869, 344. Aussi ANn, LXXIV, 1869, 281). Mais il n'a pas déduit de ces recherches un nouveau système d'éléments avec les variations séculaires.

Les tables spéciales de Jupiter, calculées depuis l'apparition des Principia de *Newton*, sont les suivantes :

2571. Zanotti, E. Tabulae motuum Jovis En tête de ses Ephemerides motuum coelestium ex anno 1751 in annum 1762; 4°, Bononiae, 1750.

2572. Hell, M. Tabulae planetarum ... Jovis ...; 8°, Viennae, 1764.

D'après les tables de *J. Cassini*.

2573. Jeaurat, E. S. Tables de Jupiter. A la suite de l'ouvrage de *Bailly*, Essai sur les satellites de Jupiter; 4°, Paris, 1766.

2574. Delambre, J. B. J. Tables de Jupiter ... ; 4°, Paris, 1789.

C'est l'édition séparée des tables insérées dans Lalande, Ast_3, I, 1792, tab., 139.

2575. Bouvard, A. Nouvelles tables de Jupiter ...; 4°, Paris, 1808.

2576. **Bouvard, A.** Nouvelles tables astronomiques, contenant les tables de Jupiter ...; 4°, Paris, 1821.

2577. **Le Verrier, U. J.** Tables du mouvement de Jupiter, fondées sur la comparaison de la théorie avec les observations. **Paris, MOb, XII, 1876, 1, [1].**

Différents éléments de Jupiter ont fait l'objet de discussions particulières.

J. Cassini a recherché la longitude du périhélie, pour plusieurs époques différentes (**Cassini, Elm, 1740, 429**). Il trouve

Par les observations de *Ptolémée*, pour l'an + 136. . . .	324°38′
Par celles de *T. Brahé*, pour 1590	6 31
Enfin, par les observations modernes, pour l'époque 1720	9 47

Jeaurat calcule de son côté (**Paris, H & M, 1765, 376**),

Par les observations de *T. Brahé*, pour 1590	7°49′ 19″
Par les observations modernes pour l'époque 1762	10 36 41

Bailly a fait une étude de la plus grande équation du centre (**Paris, H & M, 1768, 501**). Ses chiffres sont, pour cet élément :

En + 136, par les observations de *Ptolémée*	5°12′ 10″
En 1590, par celles de *T. Brahé*	5 31 53
En 1661	5 31 36
En 1762	5 33 23

La longitude du nœud a été discutée par *Delambre,* qui trouve (**Paris, H & M, 1786, 415.** — Comparez : **Lalande, Ast$_3$, II, 1772, 93**) :

En 1634, par les observations de *Gassendi*	96°42′
En 1717, par les observations de *Pound*.	97 30

§ 246. GRANDE INÉGALITÉ.

Parmi les perturbations de Jupiter figure celle qui dépend de la différence entre deux fois le moyen mouvement de cette planète et cinq fois celui de Saturne. Sa période est de 929 ans, lorsqu'on tient compte de la variation des vitesses. L'importance de cette inégalité, dont la cause avait été longtemps ignorée, nous engage à la traiter séparément.

Déjà, dans une lettre de 1625, *Kepler* remarque que Jupiter et Saturne s'écartent de plus en plus, à mesure qu'on avance, des positions tirées des éléments de *Ptolémée*, comparées à celles qu'on déduit des éléments de Tycho *Brahé* (*Keplerus* & *Bernegyerus*, Epistolae mutuae, 12°, Argentorati, 1672 ; p. 70. Aussi **Keplerus, Opa, VI, 1866, 617**).

Dans son mémoire sur la recherche directe des aphélies et des excentricités, *Halley* fit voir que les mouvements de Jupiter et de Saturne subissent des variations, qui sont de sens contraire (**London, PTr, 1676, 683**). Il imagina des équations séculaires qui, en 2000 ans, auraient produit 3° 49′ sur la longitude de Jupiter, et 9° 15′ sur celle de Saturne.

Flamsteed, en comparant entre elles des tables dressées à différentes époques, confirma cette opinion. Jupiter s'était accéléré sans interruption, tandis que Saturne s'était ralenti. Voyez

2578. **Flamsteed, J.** Exact account of the three late conjunctions of Saturn and Jupiter. **London, PTr, 1683, 244.**

L'accélération séculaire à appliquer au moyen mouvement de Jupiter, avait été évaluée empiriquement à

18″ par *Wargentin* (**Stockholm, Hdl$_1$, 1748, 167** (**Hdl′$_1$, 1748, 169**)).
12 » *Lalande* (**Paris, H & M, 1757, 411**).
12,3 » *Bailly* (**Paris, H & M, 1768, 501**).

Plus tard, *Lalande* avait porté le chiffre à 30″.5 par siècle (**Paris, H & M, 1784, 301**).

La cause de la grande inégalité de Jupiter et de Saturne avait échappé à tous les géomètres, lorsque *Laplace* découvrit que cette remarquable perturbation est due à la presque égalité qui existe entre deux fois le moyen mouvement de Jupiter et cinq fois celui de Saturne. Dans ces circonstances, les termes du second ordre acquièrent une importance à laquelle on n'avait pas songé jusque-là. Voyez :

2579. **Laplace, P. S. de.** Théorie de Jupiter et de Saturne. **Paris, H & M, 1785, 33; 1786, 201.**

Riccioli a donné une table de toutes les conjonctions de Jupiter et de Saturne, depuis l'an — 3979 jusqu'en + 2358, avec les longitudes dans lesquelles elles arrivent (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 673**).

Le principal coefficient de la grande inégalité qui affecte la longitude moyenne de Jupiter a été déterminé comme suit :

1799. BURCKHARDT. (*Von Zach,* Algemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, p. 401.) Époque 1750.

$$1240''{,}4 - 0''{,}045\,5\,t.$$

1802. Laplace. (Laplace, TMc, III; liv. vi, ch. xij, n° 33.) Époque 1750.

$$1265'',25 - 0'',046\,8\,t + 0'',000\,037\,t^2.$$

1808. A. Bouvard. (Nouvelles tables de Jupiter et de Saturne; 4° Paris). Époque 1800.

$$1203'',68 - 0'',032\,7\,t + 0'',000\,036\,t^2.$$

1821. A. Bouvard. (Tables astronomiques contenant les tables de Jupiter; 4°, Paris.) Époque 1800.

$$1186'',619 - 0'',034\,70\,t + 0'',000\,033\,4\,t^2.$$

1834. F. T. Schubert. (Traité d'astronomie théorique; t. III, p. 422.) Époque 1800.

$$1183'' - 0'',047\,108\,t + 0'',000\,006\,63\,t^2.$$

1834. De Pontécoulant. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, p. 450.) Époque 1800.

$$1187'',247 - 0'',048\,45\,t + 0'',000\,002\,26\,t^2.$$

1876. Le Verrier. (Paris, MOb, XII, 33.) Époque 1850.

$$1205'',96 - 0'',055\,36\,t + 0'',000\,095\,77\,t^2 + 0'',000\,000\,005\,01\,t^3.$$

Nous n'avons pas inséré dans ce tableau les chiffres de *Hansen*, parce que les calculs de ce géomètre sont présentés sous une forme différente, et que les nombres ne seraient pas comparables. Il n'en sera pas moins intéressant de voir son travail, qui a une grande valeur au point de vue théorique :

2580. Hansen, P. A. Untersuchungen der gegenseitigen Störungen des Jupiter und Saturn; 4°, Berlin, 1831.

Ce mémoire a été couronné par l'Académie de Berlin.

§ 247. DIMENSIONS.

Nous allons rapporter les dimensions angulaires attribuées au disque de Jupiter, réduites à la distance moyenne de cette planète au Soleil. On sait que l'aplatissement de Jupiter est fort considérable. Il demeure pourtant dans les limites qui sont compatibles avec un accroissement des densités de la surface au centre. En effet, ces limites, calculées à l'aide du rapport de la force centrifuge à la pesanteur sous l'équateur de la planète, seraient $\frac{1}{9}$ et $\frac{1}{22}$ à peu près (Laplace, TMc, II, 1799, liv. iii, ch. v, n° 43).

D'après des feuilles imprimées inédites, qui avaient été vues par *Lalande*, il est certain que *J. D. Cassini* avait aperçu l'aplatissement du disque de Jupiter, dès l'année 1666 (Lalande, Ast$_3$, III, 1792, 437).

Valeurs attribuées au diamètre équatorial et à l'aplatissement de Jupiter.

Avant l'invention du télescope.

		Diamètre équatorial.	Aplatissement.
860 ∓	ALFRAGAN. (*Alfraganus,* Elementa astronomica [A], diff. XXII). Valeur adoptée également par *Albategnius* (De motu stellarum [A], cap. 50.)	156″,67	»
1528.	FERNEL. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. I.)	150,83	»
1568.	URSTITIUS. (Theoricae novae planetarum Purbacchii, 8°, Basileae.)	570	»
1577.	E. DANTI. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4°, Bologna; n° XXII.)	152,0	»
1590 ∓	LANSBERG. (*Lansbergius,* Uranometria, 4°, Middelburgi, 1631; lib. III. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; uranom., p. 72.)	150	»
1602.	T. BRAHÉ. (Braheus, AiP, 1602, 468. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 294.)	165	»

En faisant usage du télescope.

		Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1611.	GALILÉE, en comparant la planète au diamètre du champ de son télescope. (Manuscrit publié dans Galilei, Ope, V, 1846, 399.)	40,4	»
1614.	S. MAYER. (*Marius, S.,* Mundus jovialis, 4°, Norimbergae, part. I.)	60	»
1620.	KÉPLER, d'après *Galilée?* (Keplerus, Epi, fasc. II, 485. — Reproduit : Keplerus, Opa, VI, 1866, 526.)	40,4	»
1633.	VAN DEN HOVE, en comparant le diamètre de la planète à la distance connue entre deux étoiles. (*Hortensius,* Dissertatio de Mercurio in Sole viso et Venere invisa, 4°, Lugduni Batavorum.)	51	»
1645.	DE RHEITA. (*Schyrlaeus de Rheita,* Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; lib. IV, cap. 4, membr. 2.)	180	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1647. Hevelius, par des comparaisons avec le diamètre de la Lune. (Selenographia, fol., Gedani; p. 547.) . . .	48,5	»
1651. F. M. Grimaldi & Riccioli, en comparant le diamètre de la planète à la distance qui sépare Jupiter d'une étoile, dans les appulses. (Ricciolus, Alm, I, 708. — Comparez : Ricciolus, Ara, I, 1665, 357.)	49,77	»
1659. Huygens, première mesure micrométrique. (*Hugenius,* Systema saturnium, 4°, Hagae Comitis. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°, édit. 1724, Lugduni Batavorum; vol. II, p. 590.)	51,5	»
1662. Malvasia. (Communication manuscrite, dans Ricciolus, Ara, I, 1665, 356.).	46	»
1691. J. D. Cassini, première évaluation de l'aplatissement. (Paris, His, II, 1733, 130.)	»	$\frac{1}{15}$
1717. J. Cassini. (Paris, H & M, 1717, 216.)	50	»
1719. Pound, avec une lunette de *Huygens* de 37ᵐ de longueur focale. (Newtonus, PPm, 3ᵉ éd., 1726, lib. III, phaen. 1. — Comparez : lib. III, prop. 19.) . . .	39	$\frac{1}{13,37}$
1726. Newton, par les passages des satellites et de leurs ombres sur le disque de Jupiter. (Newtonus, PPm, 3ᵉ éd., lib. III, phaen. 1.)	37,25	»
1750 ∓ Short, à l'héliomètre. (Lalande, Ast_2, III, 1771, 138.).	»	$\frac{1}{14}$
1777. Rochon, au micromètre à double image. (Recueil de mémoires sur la mécanique et la physique, 8°, Paris, 1783; p. 183.).	37,7	$\frac{1}{17}$
1781. W. Herschel, au micromètre. (London, PTr, 1781, 115. Calculé dans BaJ, Sup, II, 1795, 8.).	35,874	$\frac{1}{14}$
1790. Köhler, à l'héliomètre. (BaJ, 1793, 129. — Comparez : *Bode,* Erläuterungen der Sternkunde, 3ᵉ éd., 2 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1808, p. 482.)	35,282	$\frac{1}{14,3}$
1796. Triesnecker, micrométriquement. (EpV, 1797, 318.).	37,8	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1788. Fixlmillner, par l'entrée de Jupiter sous le bord de la Lune. (Acta astronomica cremifanensia, 4°, Styrae, 1791; p. 76. — Calculé dans BaJ, Sup. II, 1795, 10.)	35,711	»
1796. Von Zach, à l'héliomètre. (BaJ, 1799, 155.)	43,155	$\frac{1}{17,28}$
1798. Schroeter, au micromètre. (Neuere Beiträge zur Erweiterung der Sternkunde, 8°, Göttingen. — Comparez : MCz, V, 1802, 556.)	36,7	$\frac{1}{12}$
1799. Laplace, par les mouvements des nœuds et des périjoves des satellites. (Laplace, TMc, II, liv. III, ch. V, n° 43.)	»	$\frac{1}{14,39}$
1804. Huth, avec le micromètre de projection. (BaJ, 1807, 189.)	»	$\frac{1}{12}$
1824. Arago, au micromètre biréfringent. (*Laplace,* Exposition du système du monde, 5e édit., 2 vol. 4°, Paris; t. I, p. 68, liv. IV, ch. 3.)	36,743	$\frac{1}{17,7}$
1829. W. Struve, au micromètre filaire. (London, MAS, II, 519; III, 301.)	38,327	$\frac{1}{13,71}$
1833. Bessel, à l'héliomètre. (Königsberg, Beo, XIX, 102.)	37,60	$\frac{1}{15,73}$
1834. Hussey, par des mesures micrométriques, sans tenir compte de la phase. (ANn, XI, 423)	39,542	$\frac{1}{24,0}$
1836. De Damoiseau, par la théorie des satellites. (Tables écliptiques des satellites de Jupiter, 4°, Paris ; introd., p. ij.).	»	$\frac{1}{13,492}$
1840. W. Beer & Mädler, au micromètre filaire. (Beer & Mädler, Frg, 1840, 143 (Bei, 1841, 104.)) . . .	38,234	$\frac{1}{20,032}$
1842. Laugier, au micromètre biréfringent, 1835-1842. (Paris, ABL, 1865, 56.)	38,01	$\frac{1}{11,1}$
1844. W. H. Smyth, au micromètre filaire. (A cycle of celestial objets, 2 vol. 8°, London; vol. I, p. 169.)	»	$\frac{1}{14}$
1850. M. J. Johnson, au micromètre. (Oxford, Res, XI, 293.)	37,380	$\frac{1}{15,6}$
1855. Main, avec le micromètre à double image. (London, MAS, XXV, 1857, 50.)	37,912	$\frac{1}{16,84}$
1856. Secchi, au micromètre filaire. (ANn, XLIII, 139, 142.)	38,353	$\frac{1}{16,06}$

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1857. De la Rue, au micromètre filaire. (**London, MNt, XVII, 7.**)	37,141	$\frac{1}{18,62}$
1857. Kaiser, au micromètre à double image. (**ANn, XLV, 210.**)	37,558	$\frac{1}{15,62}$
1858. Kaiser, en combinant ses observations avec celles de *Bessel*. (**Amsterdam, Vhd$_1$, VI, n° 1, p. 74.**) . . .	37,563	$\frac{1}{15\,697}$
1859. Lassel, par des mesures au micromètre à double image, suivant différents diamètres, mais pendant une seule nuit. (**London, MNt, XIX, 53.**)	»	$\frac{1}{17,857}$
1863. Mädler, au micromètre filaire. (**Dorpat, Beo, XV, II, 48.**)	37,869	$\frac{1}{14,216}$
1865. J. Schmidt, mesures micrométriques en 1854-1855. (**ANn, LXV, 102.**).	38,91	$\frac{1}{15,6}$
1873. H. C. Vogel, par des mesures micrométriques. (**ANn, LXXXI, 126.**)	38,367	»
1873. Lohse, au micromètre. (**Bothkamp, Beo, II, 73.**) . . .	37,899	$\frac{1}{15,80}$
1874. Périgaud & Folain, micrométriquement. (**Paris, Crh, LXXXI, 1875, 488.**).	39,44	»
1874. Main & Bellamy, à l'héliomètre. (**Oxford, Res, XXXIV, 1875, 240.**)	37,16	$\frac{1}{17,93}$
1875. Bellamy, à l'héliomètre. (**Oxford, Res, XXXV, 1877, 216.**).	37,00	$\frac{1}{17,91}$
1880. Hough & Colbert. (Annual report of the Board of Directors of the Chicago Astronomical Society for 1880; 8°, Chicago, 1881.)	39,764	$\frac{1}{16,76}$

On trouvera, en outre, un grand nombre de mesures qui n'ont pas été réduites, et qui ont été prises en divers temps par des astronomes du XVIIIe siècle, dans **BaJ, Sup, II, 1795, 31-34.**

Il y a des mesures modernes dans plusieurs collections d'observations astronomiques, notamment dans

Arago, OEu, XI, 1859, 360-389.

Cambridge, Obs, XII, 1841, 251; XIII, 1844, 253.

Königsberg, Beo, XXXV, 1865, 275.

§ 248. MASSE.

Nous présentons ci-dessous le tableau des valeurs attribuées à la masse du système de Jupiter, la masse du Soleil étant prise pour unité.

Valeurs attribuées à la masse du système de Jupiter.

1713. Newton, par l'élongation du satellite IV, conclue par *Halley*, d'une occultation de Jupiter et de ses satellites. (**Newtonus, PPm, 2e éd., lib. III, prop. 8.**) . . . . $\frac{1}{1\,033}$

1726. Newton, d'après les élongations du satellite IV, observées par *Pound*. (**Newtonus, PPm, 3e éd., lib. III, prop. 8.**) . . . . $\frac{1}{1\,067}$

1727. Newton, d'après les élongations du satellite IV, observées par *Flamsteed*. (Newtonus, De mundi systemate, 4°, Londini, 1731; n° 13. — Reproduit dans ses Opuscula, t. II, 1744, p. 14; et dans l'édit. des Opera donnée par *Horsley*, t. III, 1782, p. 188.). $\frac{1}{1\,100}$

1782. Lagrange, en recalculant les mêmes observations. (**Berlin, Mém$_1$, 1782, 183, art. 8. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 226.**) . . . . $\frac{1}{1\,067,195}$

1802. Laplace, par les mêmes observations. (**Laplace, TMc, III, liv. VI, ch. vj, n° 21.**) . . . . $\frac{1}{1\,067,09}$

1802. Wurm, d'après les élongations des satellites observées par *Triesnecker*. (**MCz, V, 561.**) . . . . $\frac{1}{1\,070,15}$

1821. A. Bouvard, par les perturbations de Saturne. (Tables astronomiques, 4°, Paris; introd., p. ij.) . . . . $\frac{1}{1\,070,5}$

1825. Nicolai, par les perturbations de Junon, 1804-1823. (**BaJ, 1826, 226.**) . . . . $\frac{1}{1\,053,924}$

1826. Encke, par les perturbations de Vesta et de Cérès. (**Berlin, Abh, 1826, 267.**) . . . . $\frac{1}{1\,050,117}$

1831. Encke, par les perturbations de la comète qui porte son nom. (**ANn, IX, 339.**) . . . . $\frac{1}{1\,054,4}$

1836. Santini, par les élongations du satellite IV. (Memorie di matematica e di fisica della Società italiana delle scienze residente in Modena, 4°, Modena; vol. XXI, p. 323.) . . . . $\frac{1}{1\,080,05}$

1837. Airy, par les élongations du satellite IV. (**London, MAS, X, 47. — Comparez VI, 95; VIII, 35; IX, 9.**) . . . . $\frac{1}{1\,046,77}$

1837. ENCKE, par les perturbations de Pallas. (ANn, XIV, 332.). . . . $\frac{1}{1050,36}$

1841. BESSEL, par les élongations des quatre satellites. (Paris, Crh, XIII, 59.). . . . . $\frac{1}{1047,879}$

1860. JACOB, par les élongations du satellite IV. (London, MAS, XXVIII, 112.) . . . . $\frac{1}{1047,54}$

1867. HANSEN, par les perturbations d'Égérie. (Leipzig, Abh, VIII, 1868, 424.) . . . . $\frac{1}{1051,12}$

1871. MÖLLER, par les perturbations de la comète de Faye. (Leipzig, Vjh, VII, 95.) . . . . $\frac{1}{1047,788}$

1872. VON ASTEN, par les perturbations de la comète de Encke, 1819-1868. (Saint-Pétersbourg, Mém, XXVI, 1879, n° 2; p. 98.). . . . $\frac{1}{1049,632}$

1874. BECKER, par les perturbations d'Amphitrite. (Leipzig, Pub, X, xxxvj.). $\frac{1}{1047,37}$

1875. KRÜGER, par les perturbations de Thémis. (Acta Societatis scientiarum fennicae, 4°, Helsingforsiae; vol. X, p. 283.) . . . . $\frac{1}{1047,538}$

1880. DUBJAGO, par les perturbations de Diana. (Teorija dvischenija planetü Dianü ; 4°, Sankt Peterbourg.). . . . . $\frac{1}{1045,25}$

1881. SCHUR, par les élongations des quatre satellites, mesurées à l'héliomètre. (Leipzig, Vjh, XVI, 293.) . . . . $\frac{1}{1047,232}$

§ 249. ROTATION.

Lorsque *Képler* apprit la découverte des satellites de Jupiter, il en inféra immédiatement que cette planète avait une rotation sur elle-même, et il conjectura très-justement que la durée de cette rotation devait être de beaucoup inférieure à 24 heures (*Keplerus,* Dissertatio cum nuncio sidereo, 4°, Pragae, 1610; p. 12. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 503).

Déjà, en 1664, *Hooke* avait remarqué, outre trois bandes obscures, une tache, qui indiquait par son mouvement la rotation de Jupiter (London, PTr, 1665, 143, 171). *J. D. Cassini* ayant suivi cette tache, non-seulement constata la même année la rotation de la planète, mais en détermina le premier la valeur (JdS_1, 1665, 69 (59). — Comparez : Paris, His, I, 1733, 440; II, 1733, 105, 107).

Valeurs attribuées à la rotation de Jupiter.

1665. J. D. CASSINI, première évaluation. (Paris, His, II, 1733, 106.) . . . . $9^h\ 56^m$

1685. J. D. CASSINI, résultat auquel il s'arrête. (Paris, His, X, 1730, 1, 513, 596, 707.) . . . . $9\ 55\ 50^s$

1713.	J. P. Maraldi. (Paris, H & M, 1714, 23.)	9h 56m 0s
1776.	De Sylvabelle. (BaJ, 1778, 145.)	9 56 0
1781.	W. Herschel. (London, PTr, 1781, 115.)	9 55 40
1788.	Schroeter. (Beiträge zu den neusten astronomischen Entdeckungen, 8°, Berlin; p. 104. — Comparez l'ouvrage du même auteur : Hermographische Fragmente, 8°, Göttingen, 1816; p. 218.)	9 55 33
1835.	Bessel. (Königsberg, Beo, XX, 77, 78.)	9 55 26,0
1836.	Airy. (London, MAS, IX, 5.)	9 55 21,3
1840.	W. Beer & Mädler. (Beer & Mädler, Frg, 1840, 122 (Bei, 1841, 91.))	9 55 26,53
1865.	J. Schmidt, par ses observations de 1862. (ANn, LXV, 85.).	9 55 28,72
1867.	J. Schmidt, par deux taches claires dans la bande septentrionale. (ANn, LXVIII, 1867, 292.)	9 55 46,3
1874.	J. Schmidt, en comparant ses observations de 1873 à celles d'*Airy* et de *Mädler*. (ANn, LXXXIII, 71.).	9 55 25,70
1874.	L. of Rosse, par ses observations de 1873. (London, MNt, XXXIV, 243.)	9 54 55,4
1879.	Niesten, rotation par la tache rouge. (Bruxelles, Bul_2, XLVIII, 611.)	9 55 30
1880.	H. Pratt, par l'observation de la tache rouge. (London, MNt, XL, 156.).	9 55 33,91
1880.	Brewin, par la tache rouge. (London, MNt, XL, 377.) . .	9 55 34,1
1880.	Colbert. (Annual report of the Board of Directors of the Chicago Astronomical Society, for 1880; 8°, Chicago.) . .	9 55 34,2
1880.	Cruls, par la tache rouge. (Paris, Crh, XCI, 1050.) . . .	9 55 36
1881.	Hough, par la tache rouge. (Annual report of the Director of the Dearborn Observatory for 1880; 8°, Chicago.) . . .	9 55 35,2
	Par des taches polaires.	9 55 35,1
1881.	Marth, par la tache rouge, 1878-1880. (London, MNt, XLI, 367.)	9 55 34,47
1881.	Kobold, par les observations d'août 1880 à janvier 1881. (Beobachtungen angestellt am astrophysikalischen Observatorium in O'Gyalla, 4°, Halle; vol. III, p. 70.)	9 55 37,145

1881. Trouvelot, par 2108 rotations de la tache rouge. (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI p. 319.) 9h 55m 38s,57

1882. J. Schmidt, par la tache rouge, juillet 1879 à décembre 1881. (ANn, CI, 157.) 9 55 35,282

J. D. Cassini avait remarqué, en 1691, que les résultats varient un peu suivant la tache que l'on observe. Il croyait la rotation plus rapide près des pôles qu'à l'équateur (Paris, His, X, 1730, 8). Il avança en même temps que la rotation est de 1 minute plus rapide au périgée qu'à l'apogée (Paris, His, II, 1733, 130).

W. Herschel établit nettement que le temps de la rotation n'est pas exactement le même, pour les différentes taches d'après lesquelles on le détermine (London, PTr, 1781, 115).

Hough, ayant observé la tache rouge, à Chicago, depuis le 25 septembre 1879 jusqu'au 27 janvier 1881, trouve que la formule qui représente le mieux la rotation, observée d'après cette tache, est

$$9^{h}\ 55^{m}\ 33^{s},2 + 0^{s},18\sqrt{t},$$

où t est le nombre de jours écoulés depuis le 24 septembre 1879 (Annual report of the director of the Dearborn Observatory for 1880; 8°, Chicago).

J. Schmidt a remarqué, en 1880, la différence d'environ 5 minutes, que présente la rotation indiquée par les taches ou bandes foncées, par rapport à celle déduite des nuages blancs de la zone moyenne (ANn, XCVIII, 1880, 287).

Denning a relevé les chiffres trouvés, d'après les nuages, par différents astronomes, et en a dressé le tableau suivant (Nature, 4°, London; vol. XXV, 1882, 225) :

Rotation par les nuages blancs.

J. Schmidt	9h 50m 0s
Marth	6,6
Hough	0,56
Denning	5

Cet écart, qui produirait une circonférence entière en un peu plus de cent rotations, doit-il être attribué, suivant l'idée de *W. Herschel*, à des vents alisés (London, PTr, 1781, 115)?

Récemment, *Trouvelot* a observé des taches qui donnaient une rotation descendant jusqu'à 9h 47m 0s (loc. cit., p. 319).

La position du plan de l'équateur de Jupiter n'a pas été déterminée jusqu'à présent d'une manière directe. On admet, d'après *Laplace* (**Laplace, TMc, IV, 1805, liv. VIII, ch. XV, n° 33**) que cet équateur coïncide sensiblement avec le plan de circulation du satellite intérieur. Voici les chiffres qui ont été tirés de l'examen des mouvements des satellites, et plus particulièrement du satellite I. Nous désignons par N la longitude du nœud ascendant de l'équateur de la planète sur son orbite, par i l'inclinaison de ces deux plans entre eux, par E l'époque, et par t le nombre d'années écoulées depuis l'instant E.

1693. J. D. CASSINI Les hypothèses et les tables des satellites de Jupiter; fol., Paris, 1693).

E = 1693 N = 314½° $i = 2° 55'$

1719 BRADLEY (Precepts to *Halley's* Astronomical tables, 4°, London. — Reproduit : *Bradley*, Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 83).

E = 1718 N = 311½° »

1727. J. P. MARALDI (**Paris, H & M, 1727, 330**).

E = 1727 » $i = 3° 33'$

1741. WARGENTIN (Acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; vol. I, p. 1).

E = 1750 N = 314° 30′ $i = 3° 18' 38''$

1805. DELAMBRE (**Laplace, TMc, IV, liv. VIII, ch. X, n° 28**).

E = 1750,0 N = 313° 45′ 33″ + 49″,83 t $i = 3° 5' 30'' + 0'',022\,79\, t$

Les variations sont calculées théoriquement par *Laplace*.

1836 DE DAMOISEAU (Tables des satellites de Jupiter, 4°, Paris; introd., p. j).

E = 1750,0 N = 313° 21′ 55″ $i = 3° 4' 5''$

Ces nombres, transportés à 1880, avec les variations citées de *Laplace*, donneraient :

E = 1880,0 N = 315° 9′ 53″ $i = 3° 4' 8''$

§ 250. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

Sur la visibilité de Jupiter, on pourra consulter un article de *de Zach*, dans sa **Cas, II, 1819, 191**. *Tebbutt* a établi que cette planète est visible en plein jour, à l'œil nu, dans celles de ses oppositions qui arrivent près du périhélie (Journal and proceedings of the Royal Society of New South Wales, 8°, Sidney; vol. VIII, 1880.)

Vidal, dans le midi de la France, est parvenu à voir Jupiter à $1\frac{1}{4}°$ du Soleil (**CdT, an XI [1803], 241**). *Winnecke*, étant à Bonn, a cherché à le suivre vers ses conjonctions, mais n'a réussi à l'apercevoir que jusqu'à 6° ou 7° du Soleil (**ANn, XLVI, 1857, 79**).

Nous allons rapprocher quelques comparaisons photométriques, dont les résultats sont rapportés aux conditions de l'opposition moyenne.

J_1. *Herschel*, comparant Jupiter à la pleine Lune moyenne, trouve (Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. 358, 362) pour les rapports des éclats :

$$♃ = \frac{1}{6\ 620} \times \text{Lune.}$$

La planète a été rapportée à α Lyrae par *Seidel*, au moyen d'un photomètre objectif; le résultat ainsi obtenu est (*Bayerische Akademie der Wissenschaften*, Monumenta saecularia, 4°, München, 1859; p. 20)

$$♃ = 8{,}24 \times \alpha \text{ Lyrae.}$$

Les expériences de *G. P. Bond* viennent ensuite. Cet astronome a trouvé (**Boston, Mem_2, VIII, 1861, 222**)

$$♃ = \frac{1}{6\ 430} \times \text{Lune;}$$

$$♃ = \frac{1}{5\ 028\ 350\ 000} \times \text{Soleil.}$$

Il résulterait de ce dernier chiffre un albedo un peu plus grand que l'unité, c'est-à-dire que la planète émettrait de la lumière propre.

C'est peut-être ici le lieu de signaler une note de

2581. **Draper, H.** On a photograph of Jupiter's spectrum showing evidence of intrinsic light from that planet. **London, MNt, XL, 1880, 433. — Reproduit : AJS_3, XX, 1880, 118.**

Zöllner, bien que trouvant un albedo considérable, n'arrive pas à la même valeur excessive. Il établit d'abord, à l'aide de son photomètre à polarisation (Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 133, 137),

$$♃ = 10{,}48 \times \alpha \text{ Lyrae;}$$

$$♃ = \frac{1}{5\ 472\ 000\ 000} \times \text{Soleil.}$$

Puis il en tire (loc. cit., p. 165), l'albedo de Jupiter, 0,632 8; et l'éclat de cette planète en grandeur d'étoiles, — 2,52.

Le même physicien donne 27°,7 pour la cote de Jupiter à son colorimètre (**ANn, LXXI, 1868, 331**).

En 1814, *Arago* ayant comparé l'éclat de la zone équatoriale à celle des calottes polaires, trouva que celles-ci n'ont pas la moitié de l'intensité lumineuse des régions de l'équateur (**Arago, OEu, XI, 1859, 383**).

Sur le spectre de Jupiter, on consultera les auteurs suivants :

Secchi, dans le Bullettino meteorologico dell'Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. IV, 1865, p. 49; vol. XIII, 1874, p. 97. — Ce dernier article est reproduit : **Spettr. ital, Mem, III, 1874, 113.**

H. C. Vogel, dans **Bothkamp, Beo, I. 1872, 67**; et dans **APC$_1$, CLVIII, 1876, 466.** — Dans ce dernier travail il y a (p. 469) un examen spectroscopique des satellites de Jupiter.

Le Sueur, dans les Transactions and proceedings of the Royal Society of Victoria, 8°, Melbourne; vol. X, 1874, p. 23.

On trouvera aussi une notice sur le spectre de la tache rouge, par *Crawford* [*Lindsay*], dans **London, MNt, XL, 1880, 87.**

§ 251. ASPECT PHYSIQUE.

Le trait le plus remarquable de l'aspect de Jupiter, ce sont les bandes [fasciae] équatoriales, qui traversent le disque de cette planète. Il semble qu'elles n'aient pas été remarquées avant 1630, époque à laquelle plusieurs observateurs les signalèrent presque à la fois. On cite, en effet, comme auteurs de cette découverte, *Zuppi* et *Bartoli* (**Ricciolus, Ara, I, 1665, 369**), jésuites de Naples, auxquels il faudrait peut-être joindre encore *F. Fontana* (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 486**). *Zucchi*, qui ne vit ces bandes qu'après eux, les observait à Rome en mai 1630 (**Riccioli, Alm, I, 1651, 487**). *F. Fontana* paraît être celui qui les suivit avec le plus d'attention. En 1633, il en comptait trois distinctes (*F. Fontana*, Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. VI, cap. 1). En 1648, *F. M. Grimaldi* indiqua qu'elles étaient sensiblement parallèles à l'écliptique (note jointe à ses dessins, dans **Ricciolus, Alm, I, 1651, 487**). Mais *J. D. Cassini* trouva que le plan médian de ces bandes n'est pas rigoureusement l'écliptique, mais plutôt l'équateur de Jupiter (*J. D. Cassini*, Lettere astronomiche all'abbate O. Falconieri sopra la varietà delle macchie osservate in Giove, fol., Roma, 1665; let. del 12 ott. 1665).

En même temps, *J. D. Cassini* avait reconnu que ces bandes sont variables (op. cit.); elles persistent généralement plusieurs mois et même plusieurs années, mais il en a vu quelquefois se former en une ou deux heures. Elles peuvent avoir, dit-il,

jusqu'à 10° de largeur jovicentrique. Il est difficile de les suivre jusqu'au bord du disque, bien qu'elles soient visibles parfois jusqu'au limbe même. Les intéressantes conclusions de cet écrit, devenu fort rare, sont reproduites sommairement dans **Paris, His, II, 1733, 105, 106.**

Il y a dans **Ricciolus, Ara, I, 1665, 369-370,** un résumé de toutes les observations connues des bandes de Jupiter, depuis 1630 jusqu'en 1664.

Dans l'opuscule de *J. D. Cassini*, dont nous venons de parler, ce grand astronome signale, outre les bandes, des taches [macchie, maculae] proprement dites, dont une l'avait frappé dès 1640. Il croyait qu'elles persistent quelquefois plusieurs années, sauf certains intervalles d'invisibilité plus ou moins complète (**Paris, His, II, 1733, 106**).

En 1664, *Hooke* remarqua de son côté une tache, sur l'une des bandes équatoriales (**London, PTr, 1665, 3**). Si l'on désire examiner la question de la réapparition des taches, on pourra consulter

2582. **Niesten, L.** Tache rouge observée sur la planète Jupiter pendant les oppositions de 1878 et de 1879. **Bruxelles, Bul$_2$, XLVIII, 1879, 604.**

Sur les teintes des différentes parties du disque, il faut voir spécialement les articles de *Gruithuisen* (Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1839, p. 76; année 1840, p. 99; année 1841, p. 101). On trouvera aussi beaucoup d'observations sur ce sujet dans les divers mémoires, relatifs à l'aspect physique de Jupiter, dont nous donnons la liste un peu plus loin.

Lockyer soupçonne une périodicité dans les teintes des bandes (Nature, 4°, London; vol. XV, 1877, p. 282).

Sur l'existence d'une atmosphère autour de Jupiter, on trouvera également des remarques intéressantes dans les mémoires de la liste ci-après. Il suffit de renvoyer ici plus particulièrement aux considérations développées à ce sujet par *Schroeter* (Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen, 8°, Berlin, 1788; p. 104), *W. Herschel* (**London, PTr, 1791, 322**) et *W. Beer* & *Mädler* (**Beer & Mädler, Frg, 1840, 130** (**Bei, 1841, 99**)).

Pour Jupiter comme pour Vénus, on a cru voir, dans certaines circonstances, une auréole ou « photosphère », enveloppant la planète jurqu'à une distance notable. Cette observation avait déjà été faite par *de Rheita* (Oculus Enoch et Eliae, fol.,

Antuerpiae, 1645; liv. IV, ch. j, memb. 2, p. 177), qui nomme cette enveloppe lumineuse « vapida atmosphaera ». Elle a été renouvelée, dans le siècle présent, par *von Pastorff*, et appuyée par cet astronome d'un travail spécial :

2583. **Pastorff, J. W. von.** Fernere Bestätigung, dass Venus, Jupiter und Saturne mit auffallend sichtbaren Lichtsphären umgeben sind. **BaJ, 1825, 235.**

Mais il est bon de lire les observations critiques de *Ritz* (**BaJ, 1826, 190**) et de *Kunowsky* (**BaJ, 1826, 201**).

On pourra voir, en outre, une observation récente de *Gand*, rapportée dans Les mondes, revue hebdomadaire des sciences et de leurs applications, 8°, Paris; t. L, 1879, p. 95.

Voici la liste des principaux ouvrages et mémoires à consulter, touchant l'aspect physique de Jupiter.

2584. **Fontana, F.** Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646. — Voir tract. VI.

2585. **Cassini, J. D.** Lettere astronomiche all' abbate O. Falionieri sopra la varietà delle macchie osservate in Giove; fol., Roma, 1665.

Opuscule fort rare.

2586. **Cassini, J. D.** Nouvelles découvertes de diverses périodes de mouvement dans la planète de Jupiter, depuis le mois de janvier 1691 jusqu'au commencement de l'année 1692. **JdS_1, 1692, 86 (64).** — **Reproduit: Paris, His, X, 1730, 1.**

2587. **Maclaurin, C.** On the sudden and surprising changes observed in the surface of Jupiter's body. Essays and observations, physical and literary, read before a Society in Edinburgh, 8°, Edinburgh; vol. I, 1754, p. 184.

2588. **Messier, C.** Observations on the shadows of Jupiter satellites and the variations of the belts on the disc of that planet. **London, PTr, 1769, 457.**

2589. **Herschel, W.** Astronomical observations on the rotation of planets. **London, PTr, 1781, 115.**

2590. **Schroeter, J. H.** Beobachtungen und Folgerungen über die Rotation und Atmosphäre des Jupiters.

Dans ses Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen, 8°, Berlin, 1788; p. 1. Avec une suite dans l'ouvrage du même astronome : Neuere Beiträge zur Erweiterung der Sternkunde; 8°, Göttingen, 1798.

2591. **Beer, W. & Mädler, J. H.** Jupiter. **Beer & Mädler, Frg, 1840, 122** (Bei, 1841, 91).

2592. **Gruithuisen, F. v. P.** Einzelbeobachtungen der gewaltigen Veränderlichkeit der Streifen, von den Flecken, von den Schatten der Monde, von den Flecken auf den Monden, des Jupiters. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; années 1843-1844, p. 89.

Voyez aussi l'année 1845, p. 106, où *Gruithuisen* a donné 16 dessins coloriés de Jupiter.

2593. **Nasmyth, J.** Some remarks on the probable present condition of the planets Jupiter and Saturn in reference to temperature. . . . The Edinburgh new philosophical journal, 8°, Edinburgh; vol. LIV, 1853, p. 341.

Il y a un aperçu de ce travail dans **London, MNt, XIII, 1853, 40.**

2594. **Schwabe, S. H.** Die Streifen des Jupiter. **Unt, IX, 1855, 293, 312; X, 1856, 336.**

Ces articles contiennent les observations de cet astronome depuis 1827 jusqu'en 1856.

2595. **Dawes, W. R.** On the appearance of round bright spots on one of the belts of Jupiter. **London, MNt, XVIII, 1858, 6, 49, 72.**

Avec de nombreux dessins.

2596. **Murray, W. R.** Physical observations of Jupiter. **London, MNt, XIX, 1859, 51; XX, 1860, 58.**

2597. **Airy, G. B.** Remarks on the appearance of Jupiter. **London, MNt, XX, 1860, 244.**

2598. **Smyth, W. H.** Jovian craters? Dans son ouvrage The cycle of celestian objects continued at the Hartwell Observatory to 1859, 4°, London, 1860; p. 73.

Avec un dessin par *W. R. Murray,* qui fait voir des points brillants sur le disque.

2599. Huggins, W. On the periodical changes in the belts and surface of Jupiter. **London, MNt, XXII, 1862, 294.**

2600. Secchi, A. Giove. **Roma, MOs_3, II, 1863, 79; tav. v.**

2601. Browning, J. On a change in the colour of the equatorial belt of Jupiter. **London, MNt, XXX, 1870, 39, 153, 202, 220; XXXI, 1871, 201.**

2602. Zöllner, J. C. F. [Ueber die physische Beschaffenheit des Jupiter]. **Leipzig, Ber, XXIII, 1871, 92.**

2603. Ranyard, C. A. On periodic changes in the physical condition of Jupiter. **London, MNt, XXXI, 1871, 34, 224.**

2604. Gledhill, J. Changes in the physical aspect of Jupiter. **ARr, VIII, 1870, 200; IX, 1871, 61.**

2605. Green, N. E. Planisphere of Jupiter, April, 1872. **ARr, X, 1872, 169.**

Dessins de la période 1860-1872, et un planisphère.

2606. Lohse, O. Jupiter. **Bothkamp, Beo, I, 1872, 87; II, 1873, 51.**

Mémoires importants, accompagnés de nombreux dessins.

2607. Rosse, L. of. Notes to accompany chromolithographs from drawings of the planet Jupiter, made with the six-foot reflector at Parsonstown, in the years 1872 and 1873. **London, MNt, XXXIV, 1874, 235.**

Avec 15 dessins.

2608. Tacchini, P. Osservazioni di pianeti.

Dans son ouvrage : Il passaggio di Venere sul Sole, 4°, Palermo, 1875; p. 86 et pl. XI.

2609. Bredichin, T. Observations sur le Jupiter. **Moscou, Ann, II, I, 1875, 1; II, II, 1876, 42; III, II, 1877. 127; IV, II, 1878, 77; V, II, 1879, 140; VI, 1880, 95.**

Ces notices sont très-riches en dessins.

2610. Trouvelot, L. Astronomical engravings of the... planets. **Cambridge, Ann, VIII, II, 1876, pl. 1, 2.**

2611. **Flammarion, C.** La planète Jupiter.

Dans ses Études et lectures sur l'Astronomie, 12°, Paris ; vol. VII, 1877, p. 34.

2612. **Lohse, O.** Beobachtungen und Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Jupiter. **Potsdam, Pub, I, 1879, 93.**

2613. **Niesten, L.** Observations sur l'aspect physique de Jupiter pendant l'opposition de 1878. Annales de l'Observatoire de Bruxelles, 2e série, Astronomie, 4°, Bruxelles; t. III, 1880, n° 8, p. 15.

2614. **Terby, F.** Observations de la tache rouge de Jupiter. **Bruxelles, Bul_2, XLIX, 1880, 210.**

2615. **Denning, W. F.** Jupiter.

Dans Science for all, 4°, London; part. XXX, 1880, p. 169.

2616. **Konkoly, N. von.** Beobachtung der Jupiter-Oberfläche.

Dans les Beobachtungen angestellt am astrophysikalischen Observatorium in O'Gyalla, 4°, Halle; vol. II, 1881, p. 12; vol. III, 1881, p. 15.

2617. **Bredichin, T.** Sur la constitution de Jupiter. **ANn, XCIX, 1881, 25.**

2618. **Russell, H. C.** Recent changes in the surface of Jupiter. **Obs, IV, 1881, 317.**

§ 252. SATELLITES : DÉCOUVERTE ET VISIBILITÉ.

Le 7 janvier 1610, *Galilée* aperçut auprès de Jupiter trois petites étoiles (*Galileus,* Sydereus nuncius, 1610; édit., 8°, Francofurti, 1611, p. 17. — Reproduit : **Galilei, Ope, édit. Milano, IV, 1810, 333; édit. Firenze, III, 1843, 77; V, 1846, 41**). C'étaient les satellites I, III et IV.

Le 8 janvier 1610 [29 décembre 1609 vieux style], *S. Mayer* reconnut quatre satellites (*Mayer, S.,* Frankischer Kalender für das Jahr 1612; 8°, Norimbergae, 1612). Parmi ceux-ci se trouvait compris, par conséquent, le satellite II.

Voici quels ont été ensuite les premiers observateurs des satellites de Jupiter, avec les dates auxquelles ont commencé leurs observations :

30 août 1610, *Képler* (*Keplerus,* Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellitibus, 4°, Pragae, 1610; p. 3. — **Keplerus, Opa, II, 1859, 510.** Aussi : **Galilei, Ope, V, 1846, 439**).

17 octobre 1610, *Harriot* (*Rigaud*, Supplement to Dr. Bradley's Miscellaneous works, 4°, Oxford, 1833; p. 21), et non le 16 janvier 1610, comme *von Zach* l'avait cru par erreur (**BaJ, 1788, 155**).

Novembre 1610, *Peiresc* (*Gassendus*, De vita Peireskii, 4°, Parisiis, 1641, lib. II. — Reproduit : **Gassendus, Opa, V, 1658, 276; V, 1727, 240**).

28 novembre 1610, les jésuites du Collége Romain (**Galilei, Ope, V, 1846, 37**).

Mars 1611, *Scheiner* (Disquisitiones mathematicae, 4°, Ingolstadii, 1614; n° 39).

Nous ne dirons qu'un mot des faux satellites signalés, par différents observateurs, près de Jupiter, et qui n'étaient apparemment que de petites étoiles. *F. Fontana* (Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1640; tract. VI, cap. 2) comptait 5 satellites additionnels en 1630, 4 en 1636 et en 1643, 3 en 1645, 2 en 1646. En 1642, *de Rheita* en avait annoncé 5, extérieurs aux vrais satellites (Schyrlaeus *de Rheita*, Novem stellae circa Jovem visae; 4°, Parisiis, 1643).

On peut se demander cependant si Jupiter n'a que quatre satellites. Pourquoi, dit J_1. *Herschel* (Results of observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. 415, note †), ne chercherait-on pas un satellite à grande distance, analogue au Iapetus de Saturne et à la Lune de la Terre?

Suivant l'usage adopté, nous désignerons les satellites par les chiffres romains, en partant de la planète. Il ne sera peut-être pas déplacé cependant de rappeler les noms qui avaient été proposés pour désigner ces corps, notamment ceux du Mundus jovialis. Ce sont :

Satellites.	Noms du Mundus jovialis de *S. Marius*.	Noms des Mediceorum ephemerides de *Hodierna*.
I	Io.	Principharus.
II	Europa.	Victripharus.
III	Ganymedes.	Cosmipharus.
IV	Callisto.	Ferdinandipharus.

Avec une vue perçante, et dans des circonstances atmosphériques favorables, on peut apercevoir à l'œil nu certains satellites de Jupiter, notamment le III[e]. Voyez sur ce sujet :

2619. **W. H. Smyth.** [Satellites of Jupiter seen to the naked eye], dans son Cycle of celestial objects, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1844, p. 175.

2620. **Humboldt, A. von.** [Sichtbarkeit der Jupiters-Trabanten], dans son **Kos, III, 1850, 111 (Cos, III, 1851, 288).**

2621. **Arago, F.** Les satellites peuvent-ils être aperçus à l'œil nu? **Arago, Apc, IV, 1857, 368.**

2622. **Heis, E.** Trabanten Jupiter's mit blossem Auge sichtbar. **WfA, VII, 1864, 79.**

Parmi divers exemples, un missionnaire, *D. T. Stoddard,* a fait connaître qu'en Perse on avait vu à l'œil nu les satellites de Jupiter (Evangelisches Missions-Magazin, 8°, Leipzig; vol. XI, p. 263). Voyez aussi : **London, MNt, XXXIV, 1874, 309**; The English mechanic and world of science, 4°, London; vol. XXIII, 1876, p. 643, et Les mondes, revue hebdomadaire des sciences et de leurs applications, 8°, Paris; t. LIV, 1881, p. 225.

Pour apercevoir les satellites I, II et IV, dit *Bailly,* il faut une ouverture de 6 lignes, soit $1\frac{1}{3}$ centimètre; pour voir III, il suffit de 3 lignes ou $\frac{2}{3}$ de centimètre **(Paris, H & M, 1771, 580).**

W. Herschel les range (**London, PTr, 1797, 332**), sous le rapport de l'éclat, dans l'ordre suivant :

III de beaucoup le plus brillant; IV; I; II.

La moyenne des observations de *Flaugergues,* faites avec des diaphragmes d'ouverture variable (**CdT, an X [1802], 400; an XI [1803], 352; an XIII [1805], 403, 424; an XIV [1806], 425**), fournit, en prenant l'éclat du III[me] satellite pour unité :

III = 1,00; I = 0,62; II = 0,57; IV = 0,54.

W. Beer et *Mädler* les classent dans l'ordre suivant (**Beer & Mädler, Frg, 1840, 141 (Bei, 1841, 104)**) :

III bien prépondérant; I; II; IV.

Zenger a déterminé l'éclat relatif des satellites d'après leur apparition et leur disparition dans le crépuscule (**London, MNt, XXXVIII, 1878, 67**); il trouve :

III = 1,000; II = 0,970; I = 0,961; IV = 0,820.

Il soupçonne que II et IV sont variables; la période serait de 16^j,6 pour le IVe, ce qui est à peu près la durée de sa révolution.

En magnitudes ou grandeurs d'étoiles, on a d'abord les déterminations de *R. Engelmann* (Ueber die Helligkeitsverhältnisse der Jupiterstrabanten; 8°, Leipzig, 1871) :

I = 5,52; II = 5,70; III = 5,52; IV = 6,28.

On connaît ensuite les déterminations photométriques de *Pickering*, qui donnent (**Cambridge, Ann., XI, II, 1879, ch. 8**) :

I = 8,13; II = 8,27; III = 7,76; IV = 8,89;

ou plutôt, lorsqu'on part de la magnitude de la planète suivant *Zöllner* (**Op. cit., ch. 10**) :

I = 5.24; II = 5,61; III = 5,73; IV = 6,37.

Pickering (**op. cit., ch. 8**) regarde le IVe satellite comme variable.

Dès le 12 janvier 1610, cinq jours seulement après la découverte des satellites, *Galilée* observa la première éclipse d'un de ces petits corps (*Galileus*, Sydereus nuncius, 1610; édit. 8°, Francofurti, 1611, p. 18. — Reproduit : **Galilei, Ope, édit. Milano, IV, 1810, 336; édit. Firenze, III, 1843, 79; V, 1846, 43**). C'était une émersion du satellite II.

On voit dans une note de *Peiresc*, qui fait partie du recueil désigné comme « manuscrit de Carpentras, » qu'une éclipse de satellite avait déjà été observée, en vue d'une détermination de longitude, dès 1612. Cette première observation avait été faite à Malte (*W. H. Smyth*, A cycle of celestial objects, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1844, p. 181).

F. Fontana fut le premier à remarquer les ombres des satellites sur le disque de la planète. Il fit la première observation de ce genre en 1643 (Novae celestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. VI, cap. 5). Il y a aussi dans *Riccioli* un dessin de *Brandt*, abbé de Disberg, du 2 novembre de la même année, dans lequel on voit, sur le disque, deux satellites, qui sont figurés comme deux taches (**Ricciolus, Alm, 1651, I, 487**).

Ces observations furent renouvelées, avec plus de suite, par *J. D. Cassini*. En 1664, cet astronome observait les ombres des satellites dans leurs passages sur le disque de la planète (Lettera astronomica all' abbate O. Falconieri sopra l'ombre de pianetini medicei in Giove; fol., Roma, 1665). Et en 1693, il suivait les satellites eux-mêmes dans leurs passages devant le disque (**Paris, His, II, 1733, 194**). Le 24 février de cette année, il avait vu, entre autres, le satellite I passer sur l'une des bandes obscures comme « une petite tache claire et blanche ».

Les passages des satellites derrière le disque ou occultations furent observés d'abord par *Fontanay,* en 1685 (Paris, His, II, 1733, 30).

Il arrive, dans le passages des satellites derrière le disque de Jupiter, que ces corps sont encore visibles après que l'on a observé ou cru observer l'entrée. Cette circonstance a été notamment signalée par *Todd* (London, MNt, XXXVII, 1877, 284), et plus récemment par *Capron* (Nature, 4°, London; vol. XXIII, 1881, 34).

On rapporte une occultation du satellite II par le satellite III, observée à Sommerfeld, près de Leipzig, par *C. Arnoldt,* le 1er novembre 1693 (*Whiston,* The longitude discovered by the eclipses, 8°, London, 1738), et une autre du satellite IV, également par le IIIme, vue par *Luthmer* à Hanovre, le 30 octobre 1822 (Nature, 4°, London; vol. XVII, 1877, p. 148).

Le 20 mars 1692, *J. D. Cassini* observa l'occultation d'une petite étoile par le satellite IV (Paris, His, II, 1733, 158); le 14 août 1820, *Flaugergues* a vu le satellite III passer devant une autre étoile (Cas, V, 1821, 456); et le 5 octobre 1878, *Tebbutt* a noté l'occultation d'une étoile de 9e magnitude par le satellite I (ANn, XCIII, 1878, 379).

Il peut arriver, bien que ce soit une circonstance rare, que tous les satellites soient à la fois dans la direction de Jupiter ou dans son cône d'ombre. La planète paraît alors isolée. *Galilée* fut déjà témoin de ce spectacle. Le 15 mars 1611, vers 9h du soir, les différents satellites s'étaient progressivement rapprochés du disque, et ne s'en distinguaient plus (Galilei, Ope, V, 1846, 75).

On cite encore des observations analogues de *W. Molyneux*, du 12 novembre 1681, de *W. Herschel,* du 23 mai 1802, de *J_2. Wallis,* du 15 avril 1826, de *Griesbach,* du 27 septembre 1842 (Arago, Apc, IV, 1857, 367). Enfin la planète sans satellites a été contemplée par de nombreux observateurs, le 21 août 1867 (ARr, V, 1867, 191, 210). La prochaine occurrence de cette espèce arrivera le 15 octobre 1883 (Obs, III, 1880, 357).

§ 253. SATELLITES : MOUVEMENT ELLIPTIQUE.

Deux mois après sa découverte des satellites, au commencement de mars 1610, *Galilée* établissait que ces petits corps décrivent des cercles autour de Jupiter, que ces cercles sont inégaux, et que les révolutions sont plus lentes quand les rayons des cercles sont plus grands (*Galileus,* Syderius nuncius, 1610. — Reproduit : Galilei, Ope, Milano, IV, 1810, 358; Firenze, III, 1843, 98).

S. Mayer ajouta bientôt à ces premières notions la démonstration que le système de Jupiter et de ses satellites tourne autour du Soleil et non autour de la Terre. En effet, ayant construit une table des mouvements moyens, il vit qu'il fallait corriger

ces mouvements pour la parallaxe annuelle (*S. Marius,* Mundus jovialis, 4°, Norimbergae, 1614). C'est ce qu'on nomma ensuite la première inégalité des satellites.

Les premiers observateurs évaluaient les distances des satellites à Jupiter, en rayons de l'équateur de la planète. Voici les nombres qui ont été donnés à l'origine :

Distances attribuées aux satellites de Jupiter, en rayons de la planète.

1612. GALILÉE, premières valeurs, d'après ses manuscrits. (Galilei, Ope, V, 1846, 176.)

5,50	9	14	24

1612. SCHEINER. (De maculis solaribus et stellis circa Jovem errantibus; 4°, Augustae Vindelicorum.)

6	8	10	20

1614. S. MAYER. (*Marius,* Mundus jovialis, 4°, Norimbergae.)

6	10	16	26

1627. GALILÉE, dernières valeurs qu'il adopte, d'après ses manuscrits. (Galilei, Ope, V, 1846, 177.)

5,69	8,62	14	25

1643. DE RHEITA. (Novem stellae circa Jovem visae, 4°, Parisiis. — Comparez son Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; p. 282.)

6	8	12	20

1655 ∓ WENDELIN. (Cité par Ricciolus, Ara, I, 1665, 371.)

6	10	16	28

1656. HODIERNA. (Mediceorum ephemerides, 4°, Panormi.)

7	11	18	29

1666. BORELLI. (Theorica mediceorum planetarum; 4°, Florentiae.)

5,67	8,67	14	24.67

1693. J. D. CASSINI. (Les hypothèses et les tables des satellites de Jupiter; fol., Paris.)

5,67	9,00	14,38	25,30

1805. LAPLACE, par les révolutions des satellites et les élongations du satellite IV, observées par *Pound* (Laplace, TMc, IV, liv. VIII, ch. vij, n° 20).

5,698 491	9,066 548	14,461 893	25,435 90

On voit dans les manuscrits de *Galilée* récemment publiés (Galilei, Ope, V, 1846, 599), que cet illustre observateur faisait le diamètre de Jupiter, à l'opposition, de 50″. On pourrait donc réduire ses distances des satellites [à la distance moyenne

de Jupiter au Soleil], en prenant 20",2 pour le rayon du disque. *S. Mayer* ne prenait que 15", et *Newton* emploie, pour les observations de *Pound*, 18 $\frac{5}{8}$". C'est à l'aide de ces nombres que nous faisons plus loin la conversion.

En 1718, *Bradley* fit la remarque importante qu'au bout de 437 jours environ les trois satellites intérieurs se retrouvent sensiblement dans les mêmes situations relatives (Precepts to *Halley's* tables, 4°, London, 1749. — Reproduit : *Bradley*, Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 81). Le satellite I a accompli, dans cet intervalle, 247 révolutions, le satellite II, 123, et le satellite III, 61.

Il existe entre les moyens mouvements de ces trois satellites une relation remarquable. Si nous appelons respectivement n', n'', n''' ces moyens mouvements, on a :

$$n' - n'' = 2\,(n'' - n'''),$$

qu'on exprime quelquefois en disant

$$n' - 3n'' + 2n''' = 0.$$

En même temps, si l'on désigne par L', L'', L''' les longitudes moyennes de ces trois corps, on a toujours

$$L' - 3L'' + 2L''' = 180°.$$

Il résulte de cette relation que les trois premiers satellites ne peuvent jamais être éclipsés à la fois (**Laplace, TMc, IV, 1805**, liv. VIII, ch. VJ, n° 15).

Lagrange a fait voir [1766] que cette relation est exacte dans les limites des erreurs des observations (**Paris, Rec, IX, 1777**, n° 6, art. LXV. — Reproduit : **Lagrange, OEu, VI, 1873, 139**).

Laplace a montré ensuite qu'elle est stable, et, par conséquent, continuera à subsister. Les inégalités qui affectent les mouvements des satellites sont toutes simplement périodiques (**Paris, H & M, 1783, 10**).

Dans le mémoire cité (voir le titre § 114, n° 1491), *Laplace* fait voir, en outre, que la relation existante entre les longitudes moyennes des trois premiers satellites de Jupiter, a dû devenir exacte par la seule action mutuelle de ces satellites, pourvu qu'elle ait été approximative à l'origine. *Delambre*, en discutant les observations des éclipses, a trouvé, en effet, que cette relation ne conserve aucune trace du défaut de rigueur dont elle a pu être affectée à l'origine (**Laplace, TMc, IV, 1805**, préf., p. v. — Comparez : **Delambre, Ast, III, 1814, 499**).

Ce fut *Wendelin* qui fit la remarque que la troisième loi de *Képler* s'applique aux satellites qui composent le système de Jupiter (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 492**).

Valeurs attribuées aux temps périodiques des satellites.

AUTORITÉS.	SATELLITES.			
	I	II	III	IV
1612. GALILÉE. (Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, 4°, Firenze. — **Galilei, Ope, XII, 1854, p. 9, 10**)	1j 18h 30m	3j 13h 20m	7j 4h 0m	16j 18h 0m
1614. S. MAYER. (***Marius***, mundus jovialis, 4°, Norinbergae.)	28 30s	18 0s	3 56 34s	9 15s
1645. DE RHEITA. (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, p. 281.)	30 0	20 0	4 0 0	0 0
1647. HEVELIUS. (Selenographia, fol., Gedani; p. 47.)	28 0	18 0	3 57 0	9 0
1656. HODIERNA. (Mediceorum ephemerides, 4°, Panormi.)	28 44	18 15	4 1 26	14 33
1665. WENDELIN. (Communiqué à **Ricciolus, Ara, I, 371**.)	27 22	17 46	3 56 10	8 40
1693. J. D. CASSINI. (Les hypothèse et les tables des satellites de Jupiter; fol., Paris.)	28 37	17 54	59 39	5 8
1740. J. CASSINI. (**Cassini, Elm, 1740, 630.**) . .	28 36	17 54	59 36	5 7
1771. WARGENTIN. (Éléments dans **Lalande, Ast$_2$, III, 1771, 281.**)	28 35,947 909	17 53,748 93	59 35,867 54	5 7,091 74
1817. DELAMBRE. (Tables écliptiques des satellites de Jupiter; 4°, Paris.)	28 35,945 374 812	17 53,730 106 062	59 35,825 112 81	5 7,020 984 4
1836. DE DAMOISEAU. (Tables écliptiques des satellites de Jupiter, 4°, Paris; introd.) . . .	28 35,945 374 812	17 53,735 233 436	59 35,854 197 06	5 6,928 329 566

Valeurs attribuées aux demi-grands axes des orbites.

AUTORITÉS.	SATELLITES.			
	I	II	III	IV
1614. Mayer. (Mundus jovialis; 4°, Norimbergae.)	90″	150″	240″	390″
1627. Galilée, d'après ses manuscrits. (**Galilei, Ope, V, 1846, 177.**)	115	174	283	505
1667. Townley, au micromètre. (**London, PTr, 1667, 541.** — Comparez **Newtonus, PPm, lib. III, prop. 1.**)	102,8	163,5	250,9	460,4
1695. J. D. Cassini, au micromètre. (Les hypothèses et les tables des satellites de Jupiter; fol., Paris. — Comparez : **Cassini, Elm, 1740, 633.**)	117,5	187,0	299,0	525,0
1726. Pound, au micromètre. (**Newtonus, PPm, 3e édit., lib. III, prop viij, phaen. 1.**)	»	»	282	496
1796. Triesnecker, par ses observations en 1794-1795. (**EpV, 1797, 318.**)	110,8	176,6	283,8	497,8
1841. Bessel, à l'héliomètre. (**Paris, Crh, XIII, 58.**)	111,742 3	177,796 9	283,605 9	498,865 7

On sait que les deux satellites intérieurs n'ont pas d'excentricité propre. Nous parlerons, au § suivant, de leurs excentricités accidentelles. Pour le satellite III, *Wargentin* entrevit, en 1741, la nécessité d'appliquer une équation du centre (Acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; vol. I, 1741, p. 27). Mais l'existence de cette équation ne fut bien établie que par *Bailly* (Essai sur la théorie des satellites de Jupiter, 4°, Paris, 1766; p. 101).

L'excentricité du satellite IV a été reconnue, dès 1717, par *Bradley*, (Precepts to *Halley's* tables, 4°, London, [1719]. — Reproduit : *Bradley,* Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 82).

Valeurs attribuées à l'excentricité et à la position du périjove, pour les satellites extérieurs.

Dans ce qui suit, e est l'excentricité, E la plus grande équation du centre, Π la longitude du périjove, et t le temps en années juliennes.

1719. BRADLEY, Precepts to *Halley's* tables, 4°, London. — Reproduit : *Bradley,* Micellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 82).

IV. . . . $E = 0°\ 40'$ $\Pi = 14°\ 0' + 0°\ 36'\ (t - 1677)$.

1732. J. D. MARALDI. (**Paris, H & M, 1732, 95.**)

IV. . . . $E = 0°\ 50'$ $\Pi = 149°\ 22' + 44'\ 15''\ (t - 1700)$.

1759. WARGENTIN. (*Lalande,* Tables astronomiques de Halley pour les planètes et les comètes, 8°, Paris.)

III. . . . $E = 0°\ 16',8$

1761. DUNTHORNE. (**London, PTr, 1761, 105.** — Comparez : *Long,* Astronomy, 2 vol. 4°, London; vol. II, 1764, p. 455.)

III. . . . $e < 0{,}002$ $\Pi = 190° + 1°\ 48'\ (t - 1728)$.

IV. . . . $e = 0{,}007$ $\Pi = 162\ 30' + 0\ 36\ (t - 1728)$.

1766. BAILLY. (l. c.)

III. . . . $E = 0°\ 10'$ $\Pi = 163°\ 0' + 2°\ 12'\ 3''\ (t - 1700)$.

IV. . . . $E = 0\ 50\ 20''$ $\Pi = 149\ 19 + 0\ 45\ 18\ (t - 1700)$.

$e = 0{,}007\ 27$

1802. DELAMBRE, par les éclipses. (**Delambre, Ast, III, 1814, 506.**)

IV. . . . $E = 0°\ 55'\ 28'',77$.

1838. Delambre & de Damoiseau, exposés par *J. J. Littrow* (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet; 16 vol. 8° et atlas, Leipzig; vol. IX, p. 1032).

III. . . . $E = 0°\ 9',18$ $\quad \Pi = 314°\ 56',9 + 2°\ 37',13\ (t - 1750)$.
$e = 0,001\ 335$.
IV. . . . $E = 0°\ 50',04$ $\quad \Pi = 180°\ 26',4 + 0°\ 42',70\ (t\ 1750)$.
$e = 0,007\ 278$.

Tandis que tous les éléments qui précèdent sont calculés à l'aide des observations des éclipses, *Jacob* a obtenu, par des recherches directes au micromètre, pour le satellite IV (**London, MAS, XXVIII, 1860, 114**) :

$e = 0,005\ 35$ $\quad \Pi = 269°\ 30',18$ (en 1858,00 t. m. Greenwich).

Si l'on part de l'époque 1750,00 t. m. de Paris, et que l'on désigne par c les circonférences entières, on a d'après les éléments réduits par *J. J. Littrow* (l. c.) :

SATELLITE.	Longitude moyenne.	Mouvement diurne tropique.
I.	15°,012 8 + 206c 164°,354 67 t	203°,488 993 385
II.	311,840 4 + 102 307,132 31 t	101,374 762 063
III.	10,254 1 + 51 18,521 14 t	50,317 646 432
IV.	72,551 2 + 21 318,847 14 t	21,571 109 43

Galilée dit que les satellites se meuvent dans l'écliptique (Sydereus nuncius, 1610. — **Galilei, Ope, III, 1843, 78**). *S. Mayer* crut pouvoir énoncer le même principe (Mundus jovialis, 4°, Norimbergae, 1614; part. ii, phaen. 6), et telle était encore l'opinion d'*Hevelius* (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 47). Mais *Hodierna* reconnut clairement, ce que *S. Marius* avait seulement entrevu, que les satellites prennent des latitudes. Il exposa même que, par suite de cet effet, le satellite IV ne doit pas passer à toutes ses oppositions par l'ombre de la planète (*Hodierna,* Mediceorum ephemerides; 4°, Panormi, 1656). Toutefois ce fut *J. D. Cassini* qui chercha le premier à déterminer la situation du plan de circulation des satellites. Contrairement aux vues plus exactes d'*Hodierna,* il crut ce plan commun pour les quatre corps (*J. D. Cassini,* Ephemerides bononienses mediceorum syderum; fol., Bononiae, 1668). En 1676, il mettait le nœud sous 313° (**JdS$_1$, 1676, sept. 14**). On a déjà donné plus haut, au § 249, les valeurs attribuées aux éléments de l'équateur de Jupiter, qui coïncide sensiblement avec le plan de l'orbite du satellite I.

La situation des orbites des satellites fut d'abord déterminée par rapport au plan de l'orbite de Jupiter. Nous appellerons N la longitude du nœud ascendant de l'orbite du satellite sur celle de la planète, i, l'inclinaison de ces deux plans, et N_0 et i_0 les mêmes éléments pris par rapport au plan de l'équateur de la planète ; t sera toujours le temps compté par années, en dates juliennes.

Valeurs attribuées à la longitude du nœud et à l'inclinaison des orbites des satellites.

1718. BRADLEY. (L. c.)

IV	$N = 311°30'$	$i = 2°42'$

1743. WARGENTIN. (Acta Societatis scientiarum upsaliensis, t. I, 1742, 1; 1743, 18. — Lalande, Ast_2, III, 1771, 280.)

I	$N = 314°30'$	$i = 3°18'38''$
II	$N = 313\ 45 + 2'\ 3''\ (t - 1760)$	$i = 3\ 18\ 0$
III	$N = 314\ 24$	$i = 3\ 13\ 58$
IV	$N = 316\ 39 + 4\ 19\ \ (t - 1760)$	$i = 2\ 36$

1761. DUNTHORNE. (London, PTr, 1761, 105. — Comparez : *Long*, Astronomy, 2 vol. 4°, London; vol. II, 1764, p. 455.)

II	$N = 305°$	$i = 3°21'$
III	$N = 316\ 30' + 0°8'\ (t - 1727)$	$i = 3\ 12$
IV	$N = 313\ 45$ (en 1730)	$i = 2\ 40$

1768. J. D. MARALDI. (Paris, H & M, 1768, 298, 305; 1745, 25; 1758, 81.)

II	$N = 313°52'$	$i = 3°18'$
III	$N = ?$	$i = 3\ 13\ 58''$
IV	$N = 317\ 34 + 5'33''(t - 1760)$	$i = 2\ 36$

1805. LAPLACE, d'après la discussion de *Delambre*. (Laplace, TMc, IV, 1805, liv. VIII, ch. VII, n° 23. — Delambre, Ast, III, 1814, 506).

I	$i_0 = \ 0'\ 3'',2$	$i = 3°\ 5'\ 21'',85$
II	$i_0 = \ 1\ \ 4,4$	$i = 3\ \ 4\ 21,42$
III	$i_0 = \ 3\ 21,6$	$i = 3\ \ 0\ 21,794\ 4$
IV	$i_0 = 23\ 49,4$	$i = 2\ 40\ 42,7$

1838. DELAMBRE et DE DAMOISEAU, exposés par *J. J. Littrow* (l. c.).

I	» »	$i_0 = \ 0'\ 0''$
II	$N_0 = 101°,996 - 12°,091\ 8\ (t - 1750)$	$i_0 = \ 1\ \ 6,2$
III	$N_0 = 173,492 - \ 2,568\ \ (t - 1750)$	$i_0 = \ 5\ \ 3,1$
IV	$N_0 = 178,501 - \ 0,706\ \ (t - 1750)$	$i_0 = 24\ 33,1$

§ 254. SATELLITES : INÉGALITÉS.

L'action mutuelle des satellites produit, dans leurs mouvements, des inégalités. Ce fut *J. D. Maraldi* qui signala, en 1740, la première de ces inégalités [*]. Il remarqua, à cette époque, la rétrogradation du nœud du IIme (Paris, H & M, 1740, 66). En 1742, *Wargentin* découvrit une Variation dans les mouvements des deux premiers satellites (Acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Holmiae; vol. I, 1742, 1; 1743, 18). Il avait vu que ces inégalités devaient donner les masses des satellites perturbateurs.

Lalande montra que les nœuds des orbites sont sujets à une libration (Paris, H & M, 1762, 233). *Bailly* arriva, par des recherches empiriques, à indiquer la forme des principales inégalités (*Bailly,* Essai sur la théorie des satellites de Jupiter, 4°, Paris, 1766). Mais ce fut *Lagrange* qui en donna, bientôt après [1766], la théorie générale (Paris, Rec, IX, 1777, n° 6. — Reproduit : Lagrange, OEu, VI, 1873, 67).

Le satellite I subit, par l'action de II, une perturbation ayant 437_j de période, que *Wargentin* (Lalande, Ast_2, I, 1771, tab.) évalue à 0°30′. Il prend, sous l'influence de III, une excentricité accidentelle de 0,000 174 (*J. J. Littrow,* l. c.).

Le satellite II, dont l'orbite est circulaire, prend aussi des excentricités accidentelles, sous l'action concurrente de I et de III, sous celle de III et sous celle de IV. Les valeurs de ces trois excentricités sont, d'après les mêmes données :

0,000 435, 0,000 262 et 0,000 087.

Le satellite III subit une assez forte perturbation causée par l'action du IVme, équivalente à l'effet d'une excentricité accidentelle de 0,000 593 (l. c.).

Enfin le satellite IV prend également, sous l'action de III, l'excentricité accidentelle de 0,000 175 (l. c.).

Walmesley signala le premier l'action que l'aplatissement de Jupiter devait exercer sur les lignes des apsides, pour faire tourner ces lignes d'un mouvememt direct (London, PTr, 1758, 809). *L. Euler,* supposant Jupiter homogène, et lui attribuant un aplatissement trop considérable, essaya de calculer ce mouvement par la théorie; mais il arriva à des chiffres évidemment trop forts (Berlin, H & M, 1763, 311). *Bailly,* ayant trouvé, de son côté, des nombres supérieurs à ceux observés, en conclut que Jupiter n'est pas homogène. C'était la première fois qu'on arrivait, pour une planète, à l'énonciation d'un pareil fait (Paris, H & M, 1766, 353).

D'après les données exposées par *J. J. Littrow* (l. c.), l'amplitude de l'inégalité du périjove de III est de $\mp 25\frac{1}{2}°$, et celle du périjove de IV, $\mp$ 1° 10′.

---

[*] Il importe de rappeler qu'à cette époque l'effet de la parallaxe annuelle et celui de l'aberration passaient sous le nom d'inégalités. Nous parlons dans le texte de véritables perturbations du mouvement elliptique.

J. D. Maraldi fut le premier à remarquer qu'une libration affecte le plan de l'orbite du III[e] satellite (Paris, H et M, 1745, 25). Ce phénomène est commun aux trois satellites extérieurs, qui ont une inclinaison sur l'équateur de Jupiter.

Les rayons décrits par les pôles des orbites ont été évalués comme suit :

1768. J. D. Maraldi. (Paris, H & M, 1768, 298; 1745, 25.)

II.	0° 30′
III.	0 11 58″

1771. Wargentin. (Lalande, Ast_2, III, 280.)

II.	0° 30′

1814. Delambre, par les éclipses. (Delambre, Ast, III, 506.)

I.	0′ 34″,6
II.	27 48,8
III.	12 19,5
IV.	14 56,7

1838. Éléments exposés par *J. J. Littrow* (l. c.).

II.	28′ 10″,2
III.	10 5,3
IV.	14 7,9

Les expressions analytiques des inégalités des satellites de Jupiter ont été données d'abord par

2623. Lagrange J. L. de. Recherches sur les inégalités des satellites de Jupiter, causées par leur attraction mutuelle [1766]. Paris, Rec, IX, 1777, n° 6. — Reproduit : Lagrange, OEu, VI, 1873, 67.

Cette théorie a été ensuite perfectionnée par

2624. Laplace, P. S. de. Théorie des satellites de Jupiter. Laplace, TMc, IV, 1805, liv. VIII.

2625. Schubert, F. T. Théorie des satellites de Jupiter. Dans son Traité d'astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; t. III, 1834, p. 464.

2626. Souillart, C. Théorie analytique des mouvements des satellites de Jupiter. London, MAS, XLV, 1881, 1.

§ 255. SATELLITES : MASSES.

Les inégalités des satellites de Jupiter ont fourni les moyens de déterminer leurs masses respectives. En prenant la masse de la planète pour unité, on a trouvé :

Valeurs attribuées aux masses des satellites de Jupiter.

1766. Bailly. (Essai sur la théorie des satellites de Jupiter, 4°, Paris; p. 81.)

I.	0,000 042 47
II.	6,000 021 1
III.	0,000 076 24
IV.	0,000 05

1766. Lagrange (Paris, Rec, IX, 1777, n° 6, art. lxviij, lxiij, lxxiij. — Reproduit : Lagrange, OEu, VI, 1873, 143, 138, 147), en supposant égales les masses de I et de III :

I.	0,060 068 69
II.	0,000 024 17
III.	0,000 068 69
IV.	0,000 140

1805. Laplace (Laplace, TMc, IV, liv. viii, ch. ix, n° 27), par les constantes des inégalités tirées des observations par *Delambre :*

I.	0,000 017 328 1
II.	0.000 023 235 5
III.	0.000 088 497 2
IV.	0,000 042 659 1

1836. De Damoiseau, par la discussion des éclipses. (Tables écliptiques des satellites de Jupiter, 4°, Paris, introd., p. ij.)

I.	0,000 016 877 0
II.	0,000 023 226 96
III.	0,000 088 437 0
IV.	0,000 042 475 1

§ 256. SATELLITES : TABLES ET ÉPHÉMÉRIDES.

Voici l'indication des différentes tables que l'on a préparées pour calculer les mouvements, et subsidiairement les éclipses des satellites de Jupiter.

2627. **Galile[us], G.** Tabulae mediorum motuum satellitum Jovis. [1617].

Publié pour la première fois d'après le manuscrit, par *Albèri,* dans **Galilei, Ope, V, 1846, 1.**

2628. **Hodierna, J. B.** Mediceorum ephemerides; 4°, Panormi, 1656.

Cet ouvrage renferme, comme base, des tables des satellites.

2629. **Cassini, J. D.** Mediceorum syderum tabulae priores.

Joint à ses Ephemerides bononienses mediceorum syderum; fol., Bononiae, 1668. — Réimpr. : Les hypothèses et les tables des satellites de Jupiter; fol., Paris, 1693. — Les tables du satellite I sont, en outre, reproduites dans l'édition des Tabulae astronomicae de *Lahire,* donnée par *Grammaticus,* 4°, Ingolstadii, 1722.

2630. **Pound, J.** New and accurate tables for the ready computing of the eclipses of the first satellite of Jupiter by addition only. **London, PTr, 1719, 1021.**

2631. **Bradley[us] J.** Tabulae motuum primi satellitis Jovis. [1718].

Publié dans les Tabulae astronomicae de *Halley,* 4°, Londini, 1749.

2632. **Leadbetter, C.** Astronomy of the satellites; 8°, London, 1729.

2633. **Cassini, J.** Tables des satellites de Jupiter.

Dans ses Tables astronomiques, 4°, Paris, 1740; p. 153.

2634. **Wargentin, P. W.** Tabulae pro calculandis eclipsibus satellitum Jovis ad meridianum Observatorii upsaliensis. Acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4° Holmiae; vol. I, 1741, p. 27. — 2e édit. dans : *Lalande, J. J. de,* Tables astronomiques de Halley pour les planètes et les comètes, 8°, Paris, 1759.

Revu pour l'insertion dans **Lalande, Ast_2, I, 1771, tab.** — Revu encore par *J. E. Bode,* dans Sammlung astronomischer Tafeln herausgegeben von der Berliner Akademie, 3 vol. 8°, Berlin; vol. III, 1776, p. 31, 101. — Les tables du satellite III ont subi une dernière révision de *Wargentin,* dans le **NAl, 1771,** et celles du satellite II dans le **NAl, 1779.** — Il y a eu une édition des tables du satellite III, spécialement destinée au calcul des éclipses, sous le titre : Tabulae novae pro supputandis eclipsibus tertii satellitis Jovis, 4°, Londini, 1779.

2635. **Bailly, J. S.** Tables des quatre satellites de Jupiter, déduites du système de la gravitation universelle.

A la suite de son Essai sur la théorie des satellites de Jupiter; 4°, Paris, 1766.

2636. **Delambre, J. B. J.** Tables écliptiques des satellites de Jupiter. **CdT, 1791, 289.** — Reproduit : **Lalande, Ast_3, I, 1792, tab, 236.** — Nouvelle édition revue, 4°, Paris, 1817.

2637. **Woolhouse, W. S. B.** New tables for computing the occultations of Jupiter's satellites by Jupiter, the transits of the satellites and their shadows over the disc of the planet, and the positions of the satellites with respect to Jupiter at any time. **NAl, 1835, 1.**

2638. **De Damoiseau, M. C. T.** Tables écliptiques des satellites de Jupiter; 4°, Paris, 1836.

Il faut voir les corrections que *J. C. Adams* a données dans le **NAl, 1880.**

2639. **Todd, D. P.** A continuation of Damoiseau's tables of the satellites of Jupiter to the year 1900; 4°, Washington, 1876.

L'idée de représenter graphiquement les configurations des satellites appartient à *Peiresc* (*Gassendus,* De vita Pereskii, 4°, Parisiis, 1641; lib. II. — Reproduit : **Gassendus, Opa, V, 1658, 276; V, 1727, 240**).

Les divers instruments dits jovilabes, destinés à donner ces configurations, sont décrits respectivement par :

Flamsteed, dans **London, PTr, 1685, 1262.**

Weidler, Explicatio jovilabii cassiniani; 4°, Witembergae, 1727.

Whiston, The longitude discovered by the eclipses; 8°, London, 1738.

Au lieu d'employer ces instruments, on préfère se servir de tables, notamment de celles de :

2640. **Delambre, J. B. J.** Tables pour trouver les configurations des satellites de Jupiter. **CdT, 1808, 379.**

Hodierna donna le premier l'annonce des éclipses (Mediceorum ephemerides, 4°, Panormi, 1656). Ces annonces figurent aujourd'hui régulièrement dans les publications périodiques suivantes : **NAl***; **CdT***; **BaJ**; **WfA**; **ARr**; **Sir***; **Obs**; Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles.

Celles de ces publications marquées d'un * donnent, en outre, les configurations sous forme de diagramme.

Sur la possibilité de voir, lors d'une même éclipse, l'immersion et l'émersion, consultez :

2641. **Delambre, J. B. J.** De la possibilité de voir l'immersion et l'émersion d'un satellite de Jupiter dans une même éclipse. **CdT, 1792, 259, 1793, 242.**

§ 257. SATELLITES : DIMENSIONS.

Les dimensions des satellites ont été conclues d'abord du temps qu'ils emploient à entrer dans l'ombre de Jupiter ou sur le disque de la planète.

Les nombres qui suivent expriment les diamètres angulaires des satellites, tels qu'ils sont vus de la distance moyenne de Jupiter au Soleil.

Valeurs attribuées aux diamètres angulaires des satellites de Jupiter.

1693. J. D. Cassini, d'après les durées d'entrée dans l'ombre. (Les hypothèses et les tables des satellites de Jupiter; fol., Paris.)

I	II	III	IV
1",92	1",97	2",06	1",96

1734. J. D. Maraldi, d'après les durées d'entrée sur le disque. (**Paris, H & M, 1734, 364.**)

I	II	III	IV
2",0	2",0	2",2	2",0

1738. Whiston, d'après les observations de *Lynn* des durées d'immersion. (The longitude discovered by the eclipses, 8°, London; p. 7.)

I	II	III	IV
1",98	1",47	1",95	1",64

1771. Bailly, par les durées d'entrée dans l'ombre. (**Paris, H & M, 1771, 590, 619, 623.**)

I	II	III	IV
1",96	1",54	1",85	»

1788. J. J. de Lalande, par la durée d'entrée dans l'ombre. (**Paris, H & M, 1788, 209.**)

I	II	III	IV
»	»	»	1",40

1797. W. Herschel, par le temps que II emploie à entrer sur le disque, et par la mesure de l'ombre de III sur la planète. (**London, PTr, 1797, 332.**)

I	II	III	IV
»	0",9	1",6	»

1798. M. J. J. de Lalande, par les durées d'immersion et d'émersion. (**CdT, an VIII [1800], 296.**)

I	II	III	IV
»	»	»	1",4

1798. Schroeter, d'après les temps d'entrée sur le disque. (Neuere Beyträge zur Erweiterung der Sternkunde; 8°, Göttingen.)

I	II	III	IV
1",16	0",95	1",73	1",18

En combinant les mesures de *Harding* avec les siennes. (Comparez : **London, MAS, II, 1826, 520.**)

I	II	III	IV
1",063	0",870	1",543	1",074

Par des mesures directes :

I	II	III	IV
1",15	0",80	1",87	1",17

Par des mesures de l'ombre projetée sur la planète :

I	II	III	IV
»	0",83	0",75	1",55

1829. F. Struve, au micromètre. (**London, MAS, III, 301.**)

I	II	III	IV
1",015	0",911	1",488	1",273

1856. Secchi, par des mesures micrométriques prises de jour. (**ANn, XLIII, 142.**)

I	II	III	IV
0",985	1",054	1",609	1",496

1863. Mädler, au micromètre filaire. (Dorpat, Beo, XV, II, 49.)

I	II	III	IV
1",200	1",132	1",519	1",300

1871. Engelmann, par des mesures micrométriques, combinées avec les temps d'entrée sur ou sous le disque. (Ueber die Helligkeitsverhältnisse des Jupiterstrabanten; 8°, Leipzig.)

I	II	III	IV
1",081	0",910	1",537	1",282

Cet astronome tire ensuite de ses mesures photométriques les albedos :

0,220 3	0,266 5	0,137	0,079 2

1879. Pickering, photométriquement. (Cambridge, Ann, XI, part. II, ch. 8.)

I	II	III	IV
0",924	0",866	1",096	0",651

Ses albedos sont plus forts que ceux d'*Engelmann*, savoir :

0,652	0,809	0,453	0,230

1880. Colbert. (Annual report of the Chicago Astronomical Society for 1880; 8°, Chicago, 1881.)

I	II	III	IV
1",114	0",980	1",778	1",457

§ 258. SATELLITES : CONDITIONS PHYSIQUES.

Les satellites de Jupiter n'ont pas une surface uniforme. En 1694, *J. D. Cassini* aperçut une tache sur le satellite III, tandis que celui-ci passait devant la planète (Paris, His, II, 1733, 226). *J. P. Maraldi* vit aussi des taches dans les disques de plusieurs satellites (Paris, H & M, 1707, 289); il en nota surtout une fort grande dans le IVe (Paris, H & M, 1714, 23).

Sur les couleurs, les conditions physiques et l'atmosphère des satellites, les principales sources sont :

2642. Cassini, J. D. [Observations sur les taches des satellites de Jupiter; 1678]. Paris, His, I, 1733, 266.

2643. Herschel, W. Observations of the changeable brightness of the satellites of Jupiter and of the variation of their apparent magnitudes, with a determination of the time of their rotatory motions on their axes. London, PTr, 1797, 332.

2644. **Gruithuisen, F. v. P.** Beobachtungen der Monde des Jupiters. Astronomisches Jahrbuch für physische and naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1839, p. 85.

2645. **Beer, W. & Mädler, J. H.** [Satellites de Jupiter]. **Beer & Mädler, Frg, 1840, 143** (**Bei, 1841, 106**).

2646. **Secchi, A.** Ricerche sopra il pianeta Giove. **Roma, MOs₂, 1852-1855, 114.**

Avec 9 dessins des taches du satellite III. Ces dessins sont reproduits dans **ANn, XLIII, 1856, 142** et dans *Liais,* L'espace céleste, 8°, Paris, [1866], p. 466.

2647. [Various letters concerning Jupiter's satellites.] **ARr, I, 1863, 95, 112, 123, 133, 136, 150.**

2648. **Flammarion, C.** Constitution physique des satellites de Jupiter.

Dans ses Études et lectures sur l'Astronomie, 12°, Paris; vol. VII, 1877, p. 87.

2649. **Alexander, S.** [Appearances and physical condition of the satellites of Jupiter]. **ANn, LXXXIII, 1874, 273; LXXXIV, 1884, 305, 311.**

L'éclat des satellites a une certaine variabilité : c'est ce qu'avaient aperçu, dès l'origine, *Galilée* (Sydereus nuncius, 1610. — **Galilei, Ope, III, 1873, 81, 89**) et *S. Mayer* (*Marius*, Mundus jovialis, 1614). *Hevelius* avait également remarqué ces variations (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 526). En 1678, *J. D. Cassini*, ayant suivi attentivement ces phénomènes, en conclut que les différentes parties de la surface des satellites ne sont pas également brillantes, et que ces petits corps tournent constamment la même face à la planète (**Paris, His, I, 1733, 265**). Cette opinion fut adoptée par *Hartsoeker* (Conjectures physiques, 4°, Amsterdam, 1706; p. 20), et appuyée de nouvelles observations par *Pound* (**London, PTr, 1719, 1021**).

Elle a reçu une confirmation positive par les observations minutieuses de *Schroeter,* qui établit définitivement que la rotation, dans un temps égal à celui de la révolution, est une loi commune aux quatre satellites (*Von Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. I, 1798, p. 131).

CHAPITRE XVIII.

SATURNE.

---

§ 259. MOUVEMENTS ET TABLES.

La plus ancienne mention astronomique de Saturne est une observation des Chaldéens, rapportée par *Ptolémée* (**Ptolemaeus, MCo, lib.** XI, **cap. 7**), qui plaçait cette planète à 9° 30′ de η Virginis. *Longomontanus* (Astronomia danica, 4°, Amsterodami, 1622; theor., lib. II, cap. 4) fait correspondre la date à l'an — 228.

Une opposition a été observée par *Ptolémée* en + 127 (**Ptolemaeus, MCo, lib.** XI, **cap.** 5); une occultation de Saturne par la Lune est mentionnée dans un manuscrit de la Bibliothèque nationale de Paris, comme ayant été observée à Athènes, le 21 février 503 (**Bullialdus, Aph, 1645, lib.** VI, **cap. 5**).

Sur l'occultation des étoiles par Saturne, on verra une note d'*Airy* (**London, MNt, XVI, 1856, 25**).

Parmi les monographies les plus intéressantes de Saturne et de son système, on peut citer :

2650. **Mitchel, O. M.** Saturn, his rings and moons. **SMr, I, 1847, 63.**

2651. **Wagner, M.** Der Planet Saturn. **Unt, IX, 1855, 18.**

Cet article renferme un exposé des cycles et de la mythologie qui se rattachent à la planète Saturne.

2652. **Peirce, B.** The saturnian system. Memoirs of the national Academy of sciences, 4°, Washington; vol. I, 1866, n° 2.

2653. **Proctor, R. A.** Saturn and its system; 8°, London, 1865.

2654. **Secchi, A.** Saturne. Dans son ouvrage : Le Soleil, 2e édit., 8°, Paris, 1877; part. II, p. 395.

2655. **Teixeira, F. G.** Noticia sobre Saturno. Jornal de sciencias mathematicas e astronomicas publicado pelo *F. G. Teixeira*, 8°, Coimbra; vol. I, 1878, p. 13 ...

Sur l'historique des découvertes dans le système de Saturne, voyez l'article :

2656. **Mitchel, O. M.** Saturn's rings and satellites; discovery of an eighth satellite by Bond of Cambridge. **SMr, III, 1848, 4.**

Les perturbations du mouvement elliptique de Saturne ont été calculées successivement par :

2657. **Lambert, J. H.** Störungen des Saturn. *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 269.

2658. **Schubert, F. T.** Die Perturbationen des Saturns ... Dans sa Theoretische Astronomie, 3 vol. 8°, St. Petersburg; vol. III, 1798, p. 251.

2659. **Laplace, P. S. de.** Théorie de Saturne. **Laplace, TMc, III, 1802, liv. VI, ch. 13.**

2660. **Bouvard, A.** [Formules du mouvement héliocentrique de Saturne]. Dans ses Tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus, 4°, Paris, 1821; introd., p. v.

2661. **Schubert, P. T.** Inégalités séculaires et inégalités périodiques de Saturne. Dans son Traité d'astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; vol. III, 1834, p. 399, 403.

2662. **Pontécoulant G. de.** Théorie de Saturne. Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; vol. III, 1834, p. 461, 490.

2663. **Lehmann, W.** Säcularstörungen des Saturns. **ANn, LX, 1863, 294.**

2664. **Le Verrier, U. J.** Théorie du mouvement de Saturne. **Paris, MOb, XI, 1876, 273, [25]; addit., 130, 135.**

Voici les meilleurs systèmes d'éléments de Saturne, d'après les recherches modernes. La lettre t représente toujours le nombre d'années juliennes.

1789. Delambre. (Tables de Jupiter et de Saturne; 4°, Paris) :

Époque 1750, 0j,0 t. m. Paris.		
Longitude moyenne	251°20′ 22″,0 +	44 016″,8 t,
— du périhélie	88 9 7,0 +	66,064 75 t,
— du nœud	111 30 22,0 +	31,550 25 t,
Inclinaison	2 29 55,0 —	0,16 t,
Plus grande équation du centre	6 26 41,7 —	1,102 4 t.

1808. A. Bouvard, premiers éléments. (Nouvelles tables de Jupiter et de Saturne; 4°, Paris).

Époque 1750, 0j,0 t. m. Paris.		
Longitude moyenne	251°20′ 54″,89 +	43 997″,116 7 t,
— du périhélie	88 10 2,39 +	69,454 7 t,
— du nœud	111 29 42,25 +	30,675 6 t,
Inclinaison	2 29 50,42 —	0,155 1 t,
Plus grande équation du centre	6 26 12,32 —	1,291 7 t.

1821. A. Bouvard, derniers éléments. (Tables astronomiques, contenant les tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus; 4°, Paris).

Epoque 1800, 0j,0 t. m. Paris.		
Longitude moyenne	123° 5′ 29″,4 +	43 996″,127 t,
— du périhélie	89 8 20,4 +	69,406 57 t,
— du nœud	111 56 6,8 +	30,675 5 t,
Inclinaison	2 29 35,9 —	0,154 6 t,
Plus grande équation du centre	6 26 11,9 —	1,284 3 t.

1872? Hill. (Cité par *Newcomb,* Popular astronomy, 8°, London, 1878; p. 528).

Époque 1850, 0j,0 t. m. Paris.	
Longitude moyenne	14°49′ 45″,50 + 44 046″,445 t,
— du périhélie	90 3 59,8
— du nœud	112 20 0,0
Inclinaison	2 29 39,20
Excentricité	0,056 047 0

1876. Le Verrier. (Paris, MOb, XII, A45, A48).

Époque 1850, janv. 1j,5 t. m. Paris.		
Longitude moyenne	14°52′ 28″,30 +	44 046″,303 21 t,
— du périhélie	90 6 56,7 +	70,415 38 t,
— du nœud	112 20 53,0 +	31,595 94 t,
Inclinaison	2 29 39,80 —	0,140 02 t,
Plus grande équation du centre	6 25 31,24 —	1,412 80 t.

Le Verrier a établi sa théorie sur les observations de Greenwich de 1751 à 1869 et sur celles de Paris de 1837 à 1867.

H. Breen avait discuté, en 1870, les observations de Greenwich de 1750 à 1865. Il en avait tiré les corrections des derniers éléments de *Bouvard* pour quatre périodes différentes, commençant respectivement en 1751, 1784, 1815 et 1840 (**Greenwich, Obs, 1868**, app. I, p. 60, 80. — Reproduit : **London, Pro, XVII, 1869, 345**. Aussi **ANn, LXXIV, 1869, 282**).

Les anciennes tables de Saturne étaient purement elliptiques. Telles étaient non-seulement les tables faisant partie des recueils généraux dont il a été parlé au § 155, mais encore les premières tables spéciales de cette planète, notamment celles de

2665. **Hell, M.** Tabulae planetarum ... Saturni; 8°, Viennae, 1764.

D'après les tables de *J. Cassini*.

2666. **Mallet, J. A.** Tables des mouvements de Saturne. *Jean₃ Bernoulli*, Recueil pour les astronomes, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1772, p. 1.

On eut ensuite :

2667. **Delambre, J. B. J.** Tables de Jupiter et de Saturne; 4°, Paris, 1789.

Ces tables sont reproduites dans **Lalande, Ast$_3$, I, 1792, tabl., p. 164.**

2668. **Bouvard, A.** Nouvelles tables de Jupiter et de Saturne; 4°, Paris, 1808.

2669. **Bouvard, A.** Tables astronomiques, contenant les tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus; 4°, Paris, 1821.

Il ne faut pas oublier qu'il existe, dans ces tables, une erreur importante, qui a été signalée par *Adams* (**London, MAS, XVII, 1849, 1**).

2670. **Le Verrier, U. J.** Tables du mouvement de Saturne, fondées sur la comparaison de la théorie avec les observations. **Paris, MOb, XII, 1876, A 1, [A 1].**

Il y a sur la théorie et les tables de Saturne, dans le siècle dernier et au commencement du siècle présent, un article historique :

2671. **[Lindenau, B. von].** Geschichtliches über Theorie und Tafeln des Saturns. **MCz, XXIII, 1811, 212.**

Différents éléments de Saturne ont fait l'objet de recherches particulières.

Ainsi *J. Cassini* a déterminé avec beaucoup de soin la position du périhélie, pour différentes époques éloignées. Il a trouvé (Cassini, Elm, 1740, 575) :

En + 132, par les observations de *Ptolémée*	54° 14′
En 1591, par celles de *T. Brahé*	85 41
En 1694.	88 58
Et en 1708	88 25

A quoi *Lalande* ajoute (Paris, H & M, 1768, 432) :

En 1769	90 22

L'équation du centre ne pouvait être bien déterminée avant qu'on eût la connaissance de la grande inégalité. Les valeurs devaient dépendre de l'époque à laquelle on considérait les mouvements de la planète. Ainsi *Halley,* remontant à des comparaisons anciennes, la faisait (*Halleius,* Tabulae astronomicae; 4°, Londini, 1749) :

6° 34′ 2″

Les Arabes faisaient cette équation (*Caussin,* Le livre de la grande table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 216), de	6° 51′
J. Cassini, en se bornant aux observations de 1685 à 1716, trouvait (Cassini, Elm, 1740, 571)	6 31 58″
Et *L. Euler* (Paris, Rec, VI, 1749, n° 6).	6 32 10
Prenant les oppositions depuis 1730, *Lalande* abaissait le chiffre (Paris, H & M, 1768, 432) jusqu'à	6 23 19

Le nœud a fait l'objet de divers travaux. Il ne présentait pas autant de difficultés que l'apside. *J. Cassini* l'a déterminé d'après les observations anciennes (Cassini, Elm, 1740, 597), savoir :

Par les observations chaldéennes de — 228	81°
Par celles de *T. Brahé,* en 1592.	110 21′
Par les siennes propres, pour 1700	111 13 30″

Boulliau a conclu la longitude du nœud de l'occultation de 503, dont il a été parlé au commencement de ce §. Il donne pour cette époque (Bullialdus, Aph, 1645, 253).	102° 36′ 21″

Lalande tire des observations de 1755 (Paris, H & M, 1768, 432) 111° 34′

Et de celles de 1769, pour 1769,00 (ibid.) . . . . 111 40 47″

Bugge a trouvé très-exactement, par ses observations (London, PT r, 1787, 37. — Aussi BaJ, 1789, 147), pour août 1784 . . . 111 50

Enfin, sur l'inclinaison, il y a un travail de *La Caille,* qui fixe cet élément (Paris, H & M, 1747, 134), en 1747, à 2 29 45

Les recherches plus modernes ont eu pour objet l'ensemble des éléments; les résultats en sont réunis dans les systèmes d'éléments que nous avons donnés plus haut.

§ 260. GRANDE INÉGALITÉ.

Nous renvoyons à ce que nous avons dit au § 146, à l'occasion de la grande inégalité de Jupiter, pour les considérations générales touchant l'action mutuelle de cette planète et de Saturne. Jusqu'à la découverte par *Laplace* (Paris, H & M, 1785, 33) de la cause des dérangements considérables de Jupiter et de Saturne, on n'était parvenu à accorder aucune théorie avec les observations. Dans le mémoire :

2672. Maraldi, J. P. Les hypothèses du mouvement de Saturne. Paris, H & M, 1704, 314 ;

l'auteur avait introduit (p. 321) une équation séculaire empirique. *Lalande* avait calculé des tables de l'équation du centre, dans deux hypothèses différentes :

2673. Lalande, J. J. de. Mémoire sur les éléments de l'orbite de Saturne. Paris, H & M, 1768, 432.

L'avenir devait décider de l'excentricité qu'il faudrait choisir.

Ce fut en 1790 que les deux planètes atteignirent leurs vitesses moyennes, et que les corrections de ces vitesses changèrent de signe. L'effet, étant plus sensible pour Saturne, devait être plus aisément remarqué sur cette planète. *Lalande* avait signalé, en effet, vers cette époque, mais un peu avant, un changement d'allure dans Saturne :

2674. Lalande, J. J. de. Mémoire sur un dérangement singulier observé dans le mouvement de Saturne. Paris, H & M, 1765, 361.

Voici les valeurs numériques du coefficient de la grande inégalité de Saturne, calculées par différents auteurs, d'après la théorie de l'attraction :

1799. BURCKHARDT. (*Von Zach,* Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, p. 401.) Époque 1750.

$$2902'',4 - 0'',105\,5\,t.$$

1802. LAPLACE. (Laplace, TMc, III; liv. VI, ch. XIIJ, n° 55.) Époque 1750.

$$2939'',615 - 0'',085\,024\,t + 0'',000\,084\,2\,t^2.$$

1808. A. BOUVARD. (Tables nouvelles de Jupiter et de Saturne, 4°, Paris; introd.) Époque 1800.

$$2947'',865 - 0'',080\,50\,t + 0'',000\,082\,t^2.$$

1821. A. BOUVARD. (Tables astronomiques contenant les tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus, 4°, Paris; introd., p. iij.) Époque 1800.

$$2872'',649 - 0'',080\,255\,t + 0'',000\,081\,65\,t^2.$$

1834. DE PONTÉCOULANT. (Théorie analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; t. III, p. 512.) Époque 1800.

$$2906'',661 - 0'',114\,11\,t + 0'',000\,000\,52\,t^2.$$

1876. LE VERRIER. (Paris, MOb, XII, A8.) Époque 1850.

$$2988'',95 - 0'',158\,14\,t + 0'',000\,242\,4\,t^2.$$

Les termes du 5e ordre de la grande inégalité avaient été calculés pour la première fois par *Plana* (Torino, Mem_1, XXXVI, 1832, 47).

§ 261. DIMENSIONS.

Saturne a un aplatissement très-sensible. D'après la théorie (Laplace, TMc, II, 1799, liv. III, ch. IV, n° 30), cet aplatissement, pour rester compatible avec une densité croissant de la surface au centre, devrait se trouver compris entre $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{12}$.

Il résulte de mesures de *F. M. Grimaldi,* faites à l'opposition de 1650, que cet habile observateur avait déjà trouvé un excès du diamètre équatorial sur le diamètre polaire (Riccioli, Ara, I, 1665, 555). L'aplatissement se manifesta à *J. D. Cassini,* en 1691 (London, MNt, XV, 1855, 54).

On trouve dans les auteurs les mesures suivantes. Elles sont rapportées ici à la distance moyenne de Saturne au Soleil.

Valeurs attribuées au diamètre équatorial et à l'aplatissement de Saturne.

Avant l'invention du télescope.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
860 ∓ Alfragan. (Elementa astronomica [A], diff. xxii. — Suivi par *Albategnius,* De motu stellarum [A], cap. 50.)	104,5	»
1528. Fernel. (Cosmotheoria, fol., Parisiis; lib. i.)	100,1	»
1568. Urstitius. (Theoricae novae planetarum Purbacchii; 8°, Basileae.)	360	»
1577. E. Danti. (Le scienze matematiche ridotte in tavole, 4°, Bologna; n° xxii.)	100,0	»
1590 ∓ Lansberg. (*Lansbergius,* Uranometria, 4°, Middelburgi, 1631; lib. iii. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663; uranom., p. 72.)	100,0	»
1602. T. Brahé. (Braheus, AiP, 1602, 468. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, 294.)	110,0	»

En faisant usage du télescope.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1627. Képler. (*Keplerus,* Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae; praecept. 110.)	26,85	»
1633. Van den Hove. (*Hortensius,* Dissertatio de Mercurio in Sole viso; 4°, Lugduni Batavorum.)	37,0	»
1645. De Rheita. (*Schyrlaeus de Rheita,* Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; lib. iv, cap. ij, n° 5.)	120,0	»
1656. Hevelius. (Dissertatio de nativa Saturni facie, fol., Gedani; p. 23.)	39,6	»
1650. F. M. Grimaldi. (Ricciolus, Ara, I, 1665, 355, 356.)	26,67	$\frac{1}{12,2}$
1659. Huygens, première mesure micrométrique. (*Hugenius,* Systema saturnium, 4°, Hagae Comitis. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, t. II, p. 589.).	18,0	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1719. Pound, au moyen d'un micromètre adapté à un réfracteur de 37ᴹ. (Newtonus, PPm, 3ᵉ éd., 1726, lib. III, prop. 8.)	18″,0	»
1719. Bradley. (Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 350.)	17,75	»
1777. De Rochon, au micromètre à double réfraction. (*Rochon, A. M. de,* Recueil de mémoires sur la mécanique et la physique, 8°, Paris, 1783; p. 187.)	15,6	»
1788. Von Zach, au micromètre filaire. (BaJ, Sup, II, 1795, 11.)	13,10	»
1789. G. Calandrelli, au micromètre filaire. (BaJ, Sup, II, 1795, 37.)	16,1	$\frac{1}{5,8}$
1790. Ussher, au micromètre filaire. (Dublin, Tra$_1$, III, 138.)	18,12	$\frac{1}{7,98}$
1790. Bugge. (Skrifter det Danske videnskabernes Selskab, nye samling, 4°, Kjöbenhavn; vol. IV, 1792, p. 222.)	22	$\frac{1}{2,8}$ [sic]
1790. W. Herschel, au micromètre. (London, PTr, 1790, 17. — Comparez 1806, 461.)	20,56	$\frac{1}{10,368}$
1790. Köhler, micrométriquement. (Königsberger Archiv für Naturwissenschaften und Mathematik, 8°, Königsberg; vol. I, 1812, p. 156.)	16,53	$\frac{1}{11,25}$
1797. Schroeter, au micromètre. (BaJ, 1800, 173.)	19,64	»
1798. De Cesaris, au micromètre. (EpM, 1799, 19.)	21,0	»
1800. Von Zach & von Ende; réduit par *Lalande.* (MCz, II, 69.)	15,6	»
1804. Huth, avec le micromètre à projection. (BaJ, 1807, 189.)	»	$\frac{1}{23,5}$
1811. Bessel, par ses premières recherches au micromètre. (BaJ, 1814, 174.)	17,4	$\frac{1}{9,28}$
1829. F. Struve, au micromètre filaire. (London, MAS, III, 301.)	17,991	»
1831. Bessel, à l'héliomètre. (ANn, VIII, 414)	17,0055	$\frac{1}{13,79}$

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1834. Hussey, au micromètre filaire. (ANn, XI, 421.). . . .	18",487	$\frac{1}{10,9}$
1835. Bessel, à l'héliomètre. (ANn, XII, 172.)	17,053	$\frac{1}{10,499}$
1838. Decuppis & de Vico, au micromètre filaire. (Rome, Oss, 1838, 12. — Comparez : Paris, Crh, VII, 660.). .	16,999 8	»
1838. Encke, au micromètre filaire. (Berlin, Abh, 1838, Math, 16.)	17,677	$\frac{1}{14,84}$
1840. Von Pastorff. (Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1841, p. 113, note *.)	21,0	»
1847. Laugier, au micromètre biréfringent. (Paris, ABL, 1865, 56.)	17,698	$\frac{1}{9,2}$
1848. Main, à l'héliomètre. (London, MAS, XVIII, 1850, 43, 46.)	20,05	$\frac{1}{9,227}$
1850. M. J. Johnson, au micromètre. (London, MNt, XIII, 1853, 21, 79.).	»	$\frac{1}{10,060}$
1850. R. A. Thompson, à l'équatorial de Durham. (London, MNt, X, 1850, 7. — Calculé XIII, 1853, 79.)	»	$\frac{1}{11,233}$
1851. O. Struve, au micromètre filaire. (Saint Pétersbourg, MSm$_2$, VII, 1853, 455. — Reproduit : Recueil de mémoires présentés par les astronomes de Poulkova, 2 vol. 4°, St. Pétersbourg; vol. I, 1853, p. 365.) . .	17,61	»
1851. Galle, par ses observations de 1838 et 1839 complétées. (ANn, XXXII, 187.)	17,976	»
1853. Dawes. (London, MNt, XIII, 78.)	»	$\frac{1}{11,988}$
1853. Lassell. (London, MNt, XIII, 182.)	17,453	$\frac{1}{10,697}$
1853. De la Rue, mesures d'une seule nuit. (London, MNt, XIII, 185.).	»	$\frac{1}{12,186}$
1853. Jacob, au micromètre filaire, à Madras. (London, MNt, XIII, 241.).	17,86	$\frac{1}{13,23}$
1855. Main, au micromètre à double image, par trois oppositions. (London, MAS, XXV, 17.)	17,50	»
1856. Jacob, au micromètre filaire, en 1855-1856. (London, MAS, XXVIII, 1860, 56.)	17,969	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1856. De la Rue. (London, MNt, XVI, 45.)	17",66	»
1856. Secchi, à l'opposition de 1854-1855. (London, MNt, XVI, 51.)	17,661	»
1857. Secchi, mesures de 1866. (ANn, XLV, 53.)	17,689	»
1857. W. C. Bond, mesures de 1848 à 1856. (Cambridge, Ann, II, I, 107. — Comparez : AJl, I, 1851, 5.) . . .	16,84	$\frac{1}{9,30}$
1862. Main, à l'héliomètre. (Oxford, Res, XXII, 1865, 170.)	18,07	$\frac{1}{9,507}$
1863. Mädler, au micromètre filaire. (Dorpat, Beo, XV, II, 50.)	17,182	$\frac{1}{12,88}$
1872. Kaiser, au micromètre à double image. (Leide, ASt, III, 264.).	17,274	$\frac{1}{9,178}$
1875. Périgaud & Folain. (Paris, Crh, LXXXI, 488.) . . .	18,66	»
1881. W. Mayer. (Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, 4°, Genève; vol. XXVII, part. II, p. 217, 223.)	17,448	$\frac{1}{14,5}$

Il faut mentionner encore les mesures suivantes, qui ne sont pas réduites :

Cambridge, Obs, XII, 1841, 251, 252.
Oxford, Res, XIV, 1853, (76).

On verra aussi la collection des observations de Greenwich.

W. *Herschel* avait cru remarquer, à certain jour, au disque de Saturne, une figure approchant d'être quadrangulaire : c'est celle qui est connue en anglais sous le nom de « broad shouldered, » à large épaule, ou « square shouldered, » à épaule carrée (London, PTr, 1805, 272). Cette illusion s'est reproduite plusieurs fois, pour divers observateurs (London, PTr, 1808, 161; Greenwich, Obs, 1848, 44; The Intellectual observer, 8°, London; vol. X, 1867, p. 25).

Mais *Bessel* avait montré (MCz, XV, 1807. 259. — Reproduit : Bessel, Abh, III, 1876, 288) que pareille déformation était incompatible avec l'action de l'anneau sur la planète; et plus tard, il prit des mesures micrométriques de différents diamètres, qui lui permirent de constater que l'ellipticité du disque est régulière (ANn, XII, 1835, 172). Ce résultat a été confirmé par *Main* (London, MAS, XVIII, 1850, 45). Cependant *de Vico* croyait que l'aplatissement n'est pas exactement le même sous les deux pôles (Paris, Crh, XV, 1842, 750).

§ 262. MASSE.

Dans le tableau qui suit, il s'agit de la masse du système entier de Saturne, rapportée à celle du Soleil prise pour unité.

Valeurs attribuées à la masse du système de Saturne.

1726. Newton, par les élongations de Titan observées par *Pound*. (Newtonus, PPm, 3e éd., lib. III, prop. 8, cor. 1.) . . . . $\frac{1}{3\,021}$

1782. Lagrange, en recalculant les mêmes observations. (Berlin, $Mém_1$, 1782, 186, art. 10. — Reproduit : Lagrange, OEu, V, 1870, 230.) . . . . $\frac{1}{3\,358,40}$

1802. Laplace, en recalculant à son tour ces observations et en y joignant celles de *J. Cassini*. (Laplace, TMc, III, liv. VI, ch. vj, n° 21) $\frac{1}{3\,359,40}$

1802. Wurm, en combinant les élongations de Titan observées par *Pound* avec celles observées par *W. Herschel*. (MCz, V, 564.). . . . $\frac{1}{3\,389,80}$

1802. A. Bouvard, par les perturbations de Jupiter. (CdT, an XIV [1806], 437.) . . . . $\frac{1}{3\,521\ 31}$

1814. Bessel, par les élongations de Titan. (BaJ, 1814, 177.) . . . . $\frac{1}{3\,379,12}$

1821. A. Bouvard, en reprenant le calcul des perturbations de Jupiter. (Tables astronomiques, 4°, Paris; introd., p. ij.). . . . . . . $\frac{1}{3\,512}$

1860. Jacob, par les élongations de Titan. (London, MAS, XVIII, 180.) $\frac{1}{3\,487,2}$

1876. Le Verrier, par les perturbations de Jupiter. (Paris, MOb, XII, 9.) $\frac{1}{3\,529,6}$

1881. W. Meyer, par les élongations des quatres satellites moyens. (Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, 4°, Genève; vol. XXVII, part. II, p. 265.) . . . . . $\frac{1}{3\,518,70}$

§ 263. ROTATION.

Il semble que *J. D. Cassini* ait soupçonné la rotation de Saturne en 1683 (Paris, His, I, 1733, 376). Toutefois cette rotation ne fut constatée qu'un siècle plus tard. Cette rotation n'a pu être déterminée jusqu'ici que par un petit nombre de retours des mêmes apparences. On a trouvé les valeurs suivantes.

Valeurs attribuées à la rotation de Saturne.

1794. W. Herschel, par les apparences d'une bande quintuple, observées du 11 novembre 1793 au 16 janvier 1794 (**London, PTr, 1794, 48**) :

$10^h\,16^m\,0^s,44.$

1877. A. Hall, par une tache brillante observée du 7 au 16 décembre 1876 (Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington; vol. XX, 1881, part. II, p. 102) :

$10^h\,15^m,0.$

Le chiffre $10^h\,29^m\,16^s,8$, donné par *Baily,* dans ses Astronomical tables and formulae, 8°, London, 1827, p. 59, comme le résultat des observations de *W. Herschel,* n'est pas celui de cet astronome.

Pour la position du plan de l'équateur de Saturne, nous renvoyons à la détermination du plan de l'anneau, avec lequel la théorie indique qu'il coïncide sensiblement (**Laplace, TMc, IV, 1805, liv. VIII, ch. XVIJ, n° 36**).

§ 264. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

Sur la visibilité de Saturne, on peut consulter un article de *de Zach* (**Cas, II, 1819, 398**).

Par des comparaisons à α Canis majoris, en janvier 1803, *Olbers,* s'appuyant sur des considérations théoriques, concluait que l'albedo de Saturne ne peut être moindre que 0,4 (**MCz, VIII, 1803, 307**).

En 1859, *Seidel,* en se servant d'un photomètre objectif (*Bayerische Akademie der Wissenschaften,* Monumenta saecularia, 4°, München; p. 22, 57) évaluait

$$♄ = 0,482 \times \alpha \text{ Lyrae}.$$

Zöllner a trouvé, à l'aide de son photomètre à polarisation (Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 142, 274, 296)

$$♄ = \frac{1}{130\,980\,000\,000} \times \text{Soleil};$$

la magnitude de la planète 0,93; son albedo 0,498 1.

Il attribue à Saturne la cote 32°,7 à son colorimètre (**ANn, LXXI, 1868, 329, 331**).

Le spectre de Saturne a été examiné par :

Secchi, dans le Bulletino meteorologico dell'Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. IV, 1865, p. 49. — Les résultats de ce travail sont présentés en français dans **Paris, Crh, LX, 1865, 1167.** L'auteur trouve dans les raies d'absorption que renferme le spectre de Saturne, un indice de la présence de la vapeur d'eau dans l'enveloppe de cette planète.

H. C. Vogel, dans **APC$_1$, CLVIII, 1876, 469.** — Il est traité, dans cet article, non-seulement du spectre du globe de Saturne, mais aussi de celui de son anneau.

§ 265. ASPECT PHYSIQUE.

En 1675, *J. D. Cassini* distingua, sur le disque de Saturne, des bandes équatoriales (**London, PTr, 1676, 689**). En 1676, il ajouta la remarque que ces bandes sont quelquefois inclinées au plan de l'anneau (**Paris, His, I, 1733, 376, 377**). Ce dernier point a été confirmé depuis par *W. Herschel* (**London, PTr, 1790, 13**) et par *Schwabe* (**ANn, X, 1833, 383**).

J. Cassini regardait les bandes de Saturne comme des nuages, détachés du corps de la planète (**Paris, H & M, 1715, 41**).

L'attention fut rappelée sur l'état physique de Saturne par les observations de *Messier,* qui, outre les bandes, vit sur le disque une tache proprement dite (**Paris, H & M, 1776, 543**). *W. Herschel* s'occupa de bonne heure de la condition de cette planète. Ses principales observations à ce sujet se trouvent dans les deux mémoires :

2675. **Herschel, W.** On the rotation of the planet Saturn upon its axis. **London, PTr, 1794, 48.**

2676. **Herschel, W.** Observations and remarks on the figure, climate, and atmosphere of Saturn and its ring. **London, PTr, 1806, 455.** — En allemand dans **AdP, XXXIV, 1810, 82.**

Ce célèbre astronome trouve une réfraction dans l'atmosphère de Saturne, lorsque les satellites s'approchent du disque. Il croit les zones polaires moins brillantes, dans la saison qui correspond à leur été, que dans celle qui représente pour elles le printemps.

On consultera sur l'aspect et la constitution physique de Saturne, outre les mémoires déjà cités :

2677. **Herschel, W.** On the satellites of the planet Saturn and the rotation of its ring on an axis. **London, PTr, 1790, 427.**

2678. **Herschel, W.** On the ring of Saturn and the rotation of the fifth satellite upon its axis. **London, PTr, 1792, 1.**

2679. **Herschel, W.** Observations of a quintuple belt on the planet Saturn. **London, PTr, 1794, 28.**

2680. **Schroeter, J. H.** Kronographische Fragmente zur genauer Kenntniss des Planeten Saturn, seines Ringes und seiner Trabanten; 8°, Göttingen, 1808.

2681. **Gruithuisen, F. v. P.** [Physische Beobachtungen des Saturn]. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; années 1839, p. 89; 1840, p. 102; 1841, p 115; 1846, p. 128; 1847, p. 153; 1848, p. 126.

2682. **Dawes, W. R.** On the [telescopic] appearances of Saturn. **London, MNt, XIII, 1853, 16; XIV, 1854, 17.**

2683. **Nasmyth, J.** Some remarks on the probable present condition of the planets Jupiter and Saturn in reference to temperature. The Edinburgh new philosophical journal, 8°, Edinburgh; vol. LIV, 1853, p. 341.

2684. **Lassell, W.** Observations of the planet Saturn made with the 20-foot equatoreal at Valetta. **London, MAS, XXII, 1854, 151.**

2685. **Bond, W. C.** Observations on Saturn, 1847-1856. **Cambridge, Ann, II, I, 1857, 1.**

Avec 85 dessins de la planète et 27 diagrammes dans le texte. Les observations de 1857, accompagnées de 5 dessins, sont dans le même volume, p. 125.

2686. **Dawes, W. R.** Telescopic appearances of the planet Saturn during the apparition of 1855-56, as observed with a 9-inch object-glass **London, MAS, XXVI, 1858, 9.**

2687. **Trouvelot. L.** Saturn. **Cambridge, Ann, VIII, II, 1876, pl. 16.** — Comparez : Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XI, 1876, p. 174. Aussi **AJS_3, XI, 1876, 447.**

§ 266. ANNEAU : STRUCTURE GÉNÉRALE.

Les premiers observateurs qui ont examiné Saturne au télescope furent :

Juillet 1610. *Galilée* (Lettre découverte et publiée par *Fabroni*, Lettere inedite d'uomini illustri, 2 vol. 8°, Firenze; t. I, 1773, p. 28. — Reproduite : *Venturi*, Memorie e lettere inedite finora o disperse di Galilei, 2 vol. 4°, Modena; t. I, 1818, p. 159. Aussi : **Galilei, Ope, VI, 1847, 114**).

Février 1614. *Scheiner* (Dissertationes mathematicae, 4°, Ingolstadii, 1614; n° 44).

Ce dernier (l. c.) prenait les anses de l'anneau pour deux appendices en forme de croissant. *Galilée* a donné successivement à Saturne les épithètes de « tergeminus » en latin (Lettre à *Képler* dans *Keplerus,* Dioptrice, 4°, Augustae Vindelicorum, 1611; praef. Aussi : **Keplerus; Opa, II, 1859, 463.** — Reproduite : **Galilei, Ope, 3 vol. 4°, Firenze, II, 1718, 59; 4 vol. 4°, Padova, II, 1744, 41; 16 vol. 8°, Firenze, VI, 1847, 126**) et de « tricorporeo » en italien (*Galileus,* Epistolae ad M. Velserum, 4°, Florentiae, 1612; p. 148. — Reproduit : **Galilei, Ope, III, 1843, 507**).

Ces appendices furent souvent regardés, à cette époque, comme des satellites, notamment par :

Campanella, Apologia pro Galileo, 4°, Francofurti, 1622 [1[re] édit. 1616]; p. 41. — Reproduit : **Galilei, Ope, V, 1846, 538.**

Gassendi, en 1633 (De rebus coelestibus commentarii, 4°, Lugduni, 1655. — Reproduit : **Gassendus, Opa, IV, 1658, 142; IV, 1727, 149**).

Grassi, dans son ouvrage qui a paru sans nom d'auteur : De tribus cometis anni 1618 disputatio astronomica, 4°, Bononiae, 1655; p. 3.

Hevelius dit franchement qu'il ne comprenait rien à ces deux bras (Selenographia, fol., Gedani, 1647; p. 44).

Pour compliquer la difficulté, ces apparences éprouvaient des changements. *Galilée* qui, en 1610, avait vu Saturne à trois corps, trouvait la planète ronde en 1612 (lettre citée en dernier lieu). *Blancani* la voyait oviforme en 1616 (*Blancanus,* Sphaera mundi seu cosmographia, fol., Mutinae, 1635; lib. xv, cap. 7). Les observations de différents astronomes, depuis 1610 jusqu'en 1661, ont été rassemblées par *Riccioli* (**Ricciolus, Ara, I, 1665, 364-365**).

Newcomb a reproduit (Popular astronomy, 8°, London, 1878; p. 343) une suite de dessins fort curieux, antérieurs à l'époque où l'on acquit l'intelligence de l'anneau, savoir : 1 dessin de *Galilée*, 1 de *Scheiner,* 4 de *Riccioli,* 4 d'*Hevelius,* 1 de *de Divinis,* 1 de *F. Fontana,* 1 de *Gassendi* et *Blancani.*

Malgré l'ignorance où l'on demeurait de la nature du phénomène, *Hevelius* entreprit de classer les aspects que présentait tour à tour la planète. Il reconnut qu'ils ont une périodicité, évaluée par lui à 15 ans environ. Il distingua six phases ou aspects principaux successifs, sans parler des aspects intermédiaires. Il les nommait (*Hevelius,* Dissertatio de nativa Saturni facie; fol., Gedani, 1656) :

1. Monosphaericus. — 2. Trisphaericus. — 3. Spherico-cuspidatus. — 4. Sphaerico-ansatus. — 5. Elliptico-ansatus diminutus. — 6. Elliptico-ansatus plenus.

Ses figures, où l'on reconnaît l'effet, mal apprécié, des différentes ouvertures de l'anneau, sont fort intéressantes. On en trouve la reproduction dans **Ricciolus, Ara, I, 1665, 562.**

C'est à *Huygens* qu'était réservé l'honneur de donner la clef de ces apparences :

2688. **Hugenius, C.** Systema saturnium, sive de causis mirandorum Saturni phaenomenon et comite ejus planeta novo; 4°, Hagae Comitis, 1659.

Cet ouvrage est reproduit dans *Hugenius,* Opera varia, 2 vol. 4°; notamment dans l'édit. Lugduni Batavorum, 1724, vol. II, p. 529-595. C'est d'après cette édition des Opera varia que sont données nos références.

Huygens établit que Saturne est entouré d'un anneau oblique au plan de l'écliptique (p. 565), que cet anneau est situé dans le plan de l'équateur de la planète (p. 567), que son plan reste toujours parallèle à lui-même (p. 571); enfin il explique les différentes apparences qui en résultent, jusques et y compris la disparition de l'anneau (p. 571-575).

La première indication de la principale raie noire sur l'anneau de Saturne fut donnée par *W. Ball* (**London, PTr, 1665, 151**), qui observait alors à Mambead [non Mainhead], près d'Exeter, avec une lunette d'environ $11\frac{1}{2}$ᴹ. Cette raie fut revue et suivie attentivement, en 1675, par *J. D. Cassini,* qui trouva qu'elle partage l'anneau en deux zones d'éclat inégal, l'une intérieure plus vive, et l'autre extérieure moins brillante (**JdS$_1$, 1677, mars 1.** — **Reproduit : Paris, His, X, 1730, 582**).

Cette raie fut ensuite étudiée par *J. P. Maraldi* (**Paris, H & M, 1714, 376; 1715, 11; 1716, 172**) et par *W. Herschel* (**London, PTr, 1790, 3; 1792, 1**), qui ont établi qu'elle constitue une division permanente.

On la nomme « raie de Cassini », « raie de Herschel » et plus justement « raie de Ball ».

Cette division, du reste, n'est pas la seule qu'on aperçoive sur l'anneau, notamment dans la zone extérieure. C'est là que *Short,* suivant ce qu'il communiqua à *Lalande,* avait vu plusieurs raies très-fines (**Lalande, Ast$_3$, III, 1792, 338**). *W. Herschel* fit une observation analogue (**London, PTr, 1792, 1**), qui a été renouvelée encore par d'autres astronomes. Parmi ces raies, il s'en trouve une moins difficile à distinguer, qui a fait l'objet de communications de *Kater* (**London, MAS, IV, 1831, 383**) et de *Encke* (**Berlin, Abh, 1838, Math, 1**).

Pour cette raison, elle porte le nom de « raie de Encke », ou mieux « raie de Kater ».

Indépendamment des deux grandes zones, bien visibles, qui constituent l'anneau tel que *Huygens* le comprenait, il existe, dans une plus grande proximité de la planète, une troisième zone, qu'on appelle l'anneau pâle ou nébuleux. Cet anneau interne a peut-être été vu déjà, en 1673, par *Picard,* qui l'a pris pour une bande sur le globe de Saturne (*Le Monnier,* Histoire céleste, 4°, Paris, 1745; fig. de la p. 26). Il a frappé confusément *Dumouchel,* à Rome, en 1828 (*André, Rayet* et

Angot, L'astronomie pratique et les observatoires, 4 vol. 16°, Paris; t. III, 1877, p. 55, note 2). Il a été noté vaguement, en 1838, par *Galle*, dont le journal dit que l'anneau intérieur de *Huygens* se poursuit, en dégradant, jusqu'au milieu du vide de l'anse (**ANn, XXXII, 1851, 188**). *Secchi*, le 22 novembre 1850 (**Roma, MOs$_1$, 1850, 30**), et *Dawes*, le 25 du même mois (**ANn. XXXII, 1851, 97**), avaient soupçonné la zone pâle. Mais c'est *G. P. Bond* qui, dès le 10 octobre 1850, comprenait cette apparence, et bientôt annonçait l'existence de l'anneau nébuleux (**London, MNt, XI, 1851, 20**).

Outre ces différentes parties qui le composent, l'appendice annulaire de Saturne aurait encore certaines annexes lumineuses, si l'on s'en rapporte aux observations d'*O. Struve* lors de la disparition de 1862 (**Saint Pétersbourg, Bul$_3$, V, 1865, 549**). Mais *Airy* a contesté cette conclusion, en se basant sur les observations de Greenwich (**London; MNt, XXIII, 1863, 87**).

Par les ouvertures des anses, on a, un jour, aperçu une étoile (*Whiston*, Memoir of the life of Dr. Clarke; 8°, London, 1730). *Robison* assure même en avoir vu une à travers la raie de Ball (*W. H. Smyth*, A cycle of celestial objects, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1844, p. 195).

O. Struve a proposé de désigner les différentes zones de l'anneau par des lettres, en procédant de l'extérieur vers l'intérieur (**Saint Pétersbourg, MSm$_2$, VII. 1853, 440.** — Reproduit : Recueil de mémoires présentés par les astronomes de Poulkova, 2 vol. 4°, Saint Pétersbourg; vol. I, 1853, p. 350), de la manière suivante :

A, zone extérieure jusqu'à la grande raie foncée de Ball;

B, zone intérieure de l'anneau tel qu'on le connaissait au temps de *Huygens*, et qui est la plus brillante de toutes;

C, zone pâle ou nébuleuse.

§ 267. ANNEAU : DIMENSIONS ET MASSE.

Nous allons rapporter les mesures qui ont été prises des différentes zones de l'anneau. Lorsque, dans le tableau qui suit, on trouve, pour la ligne de Ball, deux nombres réunis par une accolade, ces nombres se rapportent aux deux bords de la raie; s'il n'y en a qu'un, la mesure a été prise au milieu de l'épaisseur du trait noir. Pour la zone C, les deux nombres sont relatifs aux deux bords de l'anneau nébuleux; si l'on n'en donne qu'un seul, il s'agit du bord intérieur.

Les mesures sont réduites à la distance moyenne de Saturne au Soleil. Celles des observateurs modernes sont prises au micromètre filaire, lorsqu'aucun autre procédé n'est indiqué.

Valeurs attribuées aux diamètres des différentes zones de l'anneau de Saturne.

AUTORITÉS.	DIAMÈTRE			
	extérieur de A.	de la raie de Ball [de Cassini, ou de W. Herschel].	intérieur de B	de C.
1633. Van den Hove. (*Hortensius*, Dissertatio de Mercurio in Sole viso; 4°, Lugduni Batavorum.)	55″,7	»	»	»
1650. F. M. Grimaldi & Riccioli. (Ricciolus, Alm, I, 1651, 715. — Comparez : Ricciolus, Ara, I, 1665, 556.)	57	»	»	»
1659. Huygens. (Systema Saturnium; 4°, Hagae comitis.— Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum; édit. 1724, voir t. II, p. 589.)	45	»	35″,8	»
1691. J. D. Cassini. (Paris, His, II, 1755, 159.).	45	»	»	»
1719. Pound. (Newtonus, PPm, 5e édit., 1726; lib. III, prop. viij, phaen. 2.).	42	»	30	»
1719. Bradley. (Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 550. — Comparez : *O. Struve*, dans Saint Pétersbourg, MSm_2, VII, 1853, 460; et Mémoires des astronomes de Poulkova, t. I, 1853, p. 570)	41,25	»	28,10	»
1783. De Rochon, au micromètre biréfringent, (*Rochon*, *de*, Recueil de mémoires, 8°, Paris; p. 187.).	40,6	»	»	»
1788. Von Zach. (BaJ, Sup, II, 1795, 11.).	35,04	»	»	»

Valeurs attribuées aux diamètres des différentes zones de l'anneau de Saturne (suite).

AUTORITÉS.	DIAMÈTRE extérieur de A.	DIAMÈTRE de la raie de Ball [de Cassini, ou de W. Herschel].	DIAMÈTRE intérieur de B.	DIAMÈTRE de C.
1790. Köhler. (Königsberger Archiv für Naturwissenschaften und Mathematik, 8°, Königsberg; vol. I, 1812, p. 156.)	37″,59	»	»	»
1792. W. Herschel. (London, PTr, 1792, 12.)	46,677	45″,525 42″,254	53″,180	»
1811. Bessel, au micromètre filaire. (MCz, XXIV, 206. — Aussi : BaJ, 1814, 174.)	38,269 4	»	»	»
1829. F. Struve. (London, MAS, III, 301.)	40,095	35,289 34,475	26.668	»
1835. Bessel, à l'héliomètre. (ANn, XII, 153.)	39,311	35,289 34,485	26,671	»
1838. Decuppis & de Vico. (Roma, Oss, 1838, 10. – Comparez : Paris, Crh, VII, 660.)	37,440	33,344 32,576	25,918 5	»
1838. Encke. (Berlin, Abh, 1838, Math, 15.)	40,929	35,690 34,140	26,146	»
1851. Galle, par ses observations de 1838 à 1839 complétées. (ANn, XXXII, 187.)	41,059	34,317	26,458	22″,191
1852. O. Struve, en prenant pour module le diamètre de Saturne de *F. Struve*. (Saint Pétersbourg, MSm_2, VII, 1853, 440-441. — Reproduit : Mémoires présentés par les astronomes de Poulkova, 2 vol. 4°, St. Pétersbourg; vol. II, 1853, p. 350-351.)	40,12	35,52 34,53	25,29	23,57 21,22

Valeurs attribuées aux diamètres des différentes zones de l'anneau de Saturne (suite).

AUTORITÉS.	DIAMÈTRE				
—	extérieur de A.	de la raie de Ball [de Cassini, ou de W. Herschel].		intérieur de B.	de C.
1853. Lassell. (**London, MNt, XIII, 182.**)	40″,881	»		»	»
1855. Main, au micromètre à double image. (**London, MAS, XXV, 17, 18.**).	39,75	36″,15		27″,65	»
1856. Jacob. (**London, MAS, XXVIII, 1860, 50.**) — Cet observateur place la raie de Kater ou de Encke par 38″,027	40,061	35,877	34,905	26,313	22″,260
1856. De la Rue, au micromètre à double image. (**London, MNt, XVI, 43.**).	39,83	35,53	33,45	26,91	»
1856. Secchi. (**London, MNt, XVI, 51.**)	40,893	34,659		25,714	21,419
1857. W. C. Bond. (**Cambridge, Ann, II, I, 107.**) — En prenant pour module le diamètre extérieur de l'anneau d'après ses mesures présentées dans **AJl, I, 1851, 5.**	39,35	34,75	33,84	25,81	21,25
1857. Secchi, par une nouvelle série de mesures. (**ANn, XLV, 53.**)	40,661	34,635		»	»
1872. Kaiser, au micromètre à double image. (**Leide, ASt, III, 264.**).	39,471	»		27,859	»
1881. W. Mayer. (**Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, 4°, Genève; vol. XXVII, part. II, p. 217, 225.**).	40,467	»		26,321	21,17

O. Struve croit pouvoir inférer d'une comparaison entre les mesures de différentes époques, que les anneaux vont en se rapprochant du corps de la planète. Cette opinion se trouve développée dans son mémoire :

2689. **Struve, O.** Sur les dimensions des anneaux de Saturne. **Saint Pétersbourg, MSm_2, VII, 1853, 439.** — Reproduit : Recueil de mémoires présentés à l'Académie des sciences par les astronomes de Poulkova, 2 vol. 4°, St Pétersbourg; vol. I, 1853, p. 349.

Toutefois les conclusions de ce travail ont été fortement contestées par

2690. **Kaiser, F.** De stelling van Otto Struve, omtrent het breeder worden van den ring van Saturnus, getoetst aan de handschriften van Huygens en de naauwkeurigheid der latere waarnemingen **Amsterdam, Ver_1, III, 1855, 186.**

Valeurs attribuées à l'épaisseur de l'anneau.

1789.	DusÉjour, par l'élévation de la Terre sur le plan médian de l'anneau, lors des disparitions et des réapparitions (**Duséjour, TaM, II, 1789, 127**)	0",224
1790.	W. Herschel, estime par l'observation de la tranche (**London, PTr, 1790, 6**)	0,3
1803.	Harding, par l'ombre de la tranche (*Schroeter,* Kronographische Fragmente, 8°, Göttingen, 1808; p. 211)	0,126 2
1831.	Bessel, par la masse de l'anneau, en supposant sa densité égale à celle de Saturne (**ANn, IX, 46**)	0,031
1833.	J_1. Herschel, par estime (Outlines of astronomy, 8°, London; n° 514)	< 0,037
1857.	W. C. Bond, par estime (**Cambridge, Ann, II, I, 122**)	< 0,01
1881.	Tisserand, d'après la théorie de l'équilibre, en supposant l'anneau plein, et sa masse $\frac{1}{213}$ de celle de Saturne (Annales de l'Observatoire de Toulouse, 4°, Paris; vol, I, part. I, p. A 71) . .	0,016 8

Le désaccord de ces chiffres fait voir que l'épaisseur de l'anneau est une donnée qui demeure encore à déterminer.

Valeurs attribuées à la masse de l'anneau.

La masse de la planète est l'unité.

1811. Bessel, par les inégalités séculaires de Titan, sans tenir compte de l'aplatissement de Saturne; premières recherches (Königsberger Archiv für Naturwissenschaften und Mathematik, 8°, Königsberg; vol. I, 1812, p. 115) . . . . $\frac{1}{215,35}$

1831. Bessel, de même, secondes recherches (Ann, IX, 45). . . . . $\frac{1}{118}$

1877. Tisserand, par le mouvement du périsaturne de Mimas, et en tenant compte de l'aplatissement de la planète (Annales de l'Observatoire de Toulouse, 4°, Paris; vol. I, part. i, 1881, p. a 59) . . $\frac{1}{620}$

§ 268. ANNEAU : SITUATION.

Pour *Galilée,* le grand axe suivant lequel Saturne paraissait allongé, était parallèle à l'équateur terrestre (*Galileus,* Epistolae ad M. Velserum, 4°, Florentiae, 1612; p. 148. — Reproduit : Galilei, Ope, III, 1843, 507). Cette erreur subsista longtemps. Ce fut seulement après la théorie donnée par *Huygens,* que les observateurs s'attachèrent à déterminer la situation du plan de l'anneau. Nous allons rapporter les éléments de ce plan, d'après divers astronomes. La lettre *t* représente les années, comptées à partir de l'époque indiquée. Les données sont rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe variables.

Éléments attribués au plan de l'anneau.

1659. Huygens, première détermination. (*Hugenius*, Systema saturnium, 4°, Hagae Comitis. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, vol. II, p. 575.)

Époque.	Longitude du nœud ascendant.	Inclinaison.
1655.	152° 30′	23° 30′

1668. Huygens, valeurs auxquelles il s'arrête (London, PTr, 1669, 900).

Époque.	Longitude du nœud ascendant.	Inclinaison.
1655.	170° 30′	31° 20′

1716. J. P. Maraldi (Paris, H & M, 1716, 177).

Époque.	Longitude du nœud ascendant.	Inclinaison.
1715.	166° 17′	»

Époque.	Longitude du nœud ascendant.	Inclinaison.

1740. J. Cassini (**Cassini, Elm, 643**).

1714.	168°	»

1745. Heinsius (Commentatio de apparentiis annuli Saturni; 4°, Lipsiae).

1744.	166° 36′ 30″	31° 23′ 17″

1773. J. J. de Lalande (**Paris, H & M, 1773, 486**).

1773.	167° 21′	»

1775. Lambert, par la plus grande ouverture de l'anneau (**BaJ, 1777, 162**).

1775.	166° 55′	31° 30′

1776. Lambert, par les disparitions de l'anneau (**BaJ, 1778, 151**).

1774.	167° 5′	31° 30′

1789. Duséjour (**Duséjour, TaM, II, 225**).

1774.	167° 5′ 0″ + 49″,8 t	31° 20′ 0″

1805. Flaugergues (Recueil des bulletins publiés par la Société libre des sciences... de Montpellier, 8°, Montpellier; vol. II, p. 27).

1802.	167° 11′ — 34″ t	»

1808. Schroeter (Kronographische Fragmente, 8°, Göttingen; p. 210).

1803,5. . . .	167° 19′ 7″,8	»

1814. Delambre, en recalculant les observations de *J. P. Maraldi* (**Delambre, Ast, III, 97**).

1715.	166° 20′	31° 56′ 13″

1826. F. Struve, par des mesures des deux axes de l'anneau (**London, MAS, II, 517**).

1824.	»	27° 55′ 18″

1835. Bessel, par des mesures micrométriques (**ANn, XII, 153**. — Reproduit : **CdT, 1838, 29**).

1800.	166° 53′ 8″,9 + 46″,462 t	28° 10′ 44″,7 — 0″,350 t

1842. Beima, par 20 disparitions de l'anneau, combinées avec 15 observations de *Bessel* (De annulo Saturni, 4°, Lugduni Batavorum; p. 130).

1800. . . . . 166° 52′ 30″,6 + 44″,812 6 *t* 28° 9′ 58″,8 — 0″,286 6 *t*

On trouvera, en outre, des mesures non réduites des deux axes de l'anneau, prises pendant 8 nuits de 1843, dans **Berlin, Beo, III, 1848, 235.**

Les éléments qui précèdent ne peuvent d'ailleurs représenter la situation de l'anneau que d'une manière générale, puisque celui-ci n'est pas un plan parfait. Déjà *J. P. Maraldi* a remarqué, en effet, que l'anneau est légèrement gauche et bossué (**Paris, H & M, 1715, 12**). *Schroeter* a confirmé ce fait, et trouvé que les plans des deux anses font un petit angle entre eux (*Schroeter*, Kronographische Fragmente, 8°, Göttingen, 1808; p. 193).

Si cependant, pour plus de simplicité, on se contente de considérer l'anneau comme plan, on peut déduire des éléments du plan et de la situation de la Terre, la phase présentée par l'anneau. Entre les différentes études publiées sur ce sujet, il faut distinguer les suivantes :

2691. **Boscovich, R. J.** De apparitione et disparitione annuli Saturni. Dans ses Opera pertinentia ad opticam et astronomiam, 5 vol. 4°, Bassani; vol. V, 1785, p. 1.

2692. **Duséjour, D.** Phénomènes relatifs à Saturne, et particulièrement ceux relatifs à l'anneau de cette planète.

Formant le liv. II de la seconde partie de son Traité analytique des mouvements apparents des corps célestes, 2 vol. 4°, Paris; vol. II, 1789, p. 87.

Diverses notions inexactes s'étant propagées, sur les apparences que l'anneau présenterait pour un observateur placé dans Saturne, ces notions ont été corrigées dans le mémoire suivant :

2693. **Lardner, D.** On the uranography of Saturn, including the correction of certain errors propagated generally in scientific works on that subject. **London, MAS, XXII, 1854, 47.**

L'anneau de saturne n'est pas exactement centré sur le globle de la planète. Une différence dans le sens du petit axe résulte déjà d'une observation de *Picard* de 1667 (*Le Monnier*, Histoire céleste, 4°, Paris, 1741; p. 25). L'excentricité dans le sens du grand axe fut notée par *Gallet*, en 1684 (**JdS$_1$, 1684, 198**. Aussi **Lipsia, AcE, 1684, 424**).

D'après la théorie, le centre de gravité de chaque zone particulière de l'anneau, tourne autour du centre de gravité de Saturne, dans une durée égale à celle de la rotation de cette zone (**Laplace, TMc, II, 1799, liv, III. ch. vj, n° 46**). Cependant *Schwabe* tire des observations de *de Vico*, en 1841-1843, que la période de l'excentricité n'est pas constante, bien qu'elle ait été souvent d'environ 70 heures (**ANn, XXV, 1847, 296**).

Cette question exige un nouvel examen.

§ 269. ANNEAU : CONDITION PHYSIQUE ET ROTATION.

L'anneau est plus brillant que la planète; *Hooke* l'avait déjà remarqué (**London, PTr, 1666, 247**). Mais les deux faces de l'anneau n'ont peut-être pas un égal éclat. *Duséjour* était porté à penser que la face australe est plus brillante que la face boréale (**Duséjour, TaM, II, 1789, 229**).

On a déjà dit tout à l'heure que *J. D. Cassini* trouvait la zone B plus brillante que la zone A (**JdS$_1$, 1677, mars 1**. — Reproduit : **Paris, His, X, 1730, 582**) On peut voir à ce sujet un article de *von Hahn* (**BaJ, 1807, 157**) et des remarques de *F. Struve* (**ANn, V, 1827, 13**). On consultera également un travail de *Secchi,* sur les plans et l'éclat relatif des différents anneaux partiels (**Roma, Att, XXX, 1877, 281**. — Reproduit : Bullettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. XVI, 1877, p. 57...).

Quant à la zone C, elle est d'une lumière très-faible, qui lui a mérité en anglais le nom de « crape or gauze veil », voile de crêpe ou de gaze (*Webb,* Celestial objects for common telescopes, 16°, London; 3ᵉ édit., 1873, p. 161; 4ᵉ édit., 1881, p. 178).

Cet anneau n'est pas seulement faible d'éclat, il laisse voir à travers son épaisseur le globe de la planète. Cette observation fut faite d'abord par *G. P. Bond,* en 1853 (**Cambridge, Ann, II, I, 1757, 79, 124**).

Auzout dirigea le premier son attention, en 1662, sur l'ombre que Saturne porte sur l'anneau (**Paris, His, VII, 1731, 8, 10, 47**). Parmi les observations modernes sur la figure de cette ombre, on verra avec intérêt celles de *Dawes* (**London, MAS, XXVI, 1858, 14**) et de *Holden* (Bulletin of the Philosophical Society of Washington, 8°, Washington; vol. II, 1880, p. 102).

Sur la constitution physique de l'anneau, on consultera, outre les mémoires qui traitent de Saturne en général, et qui ont été indiqués au § 265, les notices suivantes :

2694. Schroeter, J. H. Beobachtungen über den Naturbau und die festen Kreisgewölbe des Saturnsringes.

Dans ses Kronographische Fragmente, 8°, Göttingen, 1808; p. 51. L'auteur donne 12 dessins.

2695. Secchi, A. [Couleurs des anneaux de Saturne]. **ANn, XLI, 1855, 110.**

2696. Bond, G. P. On the rings of Saturn. **Boston, Mem_2, V, 1855, 115.**

2697. Trouvelot, L, On some physical observations of the planet Saturn. Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XI, 1876, p. 174. — Reproduit: **AJS_3, XI, 1876, 447.** En allemand dans Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. X, 1877, p. 211; Beil. 12.

La rotation des anneaux avait été soupçonnée par *J. P. Maraldi*, en 1715, d'après les changements que lui présentait l'aspect des anses (**Paris, H & M, 1715, 11**). *W. Herschel* crut pouvoir en fixer la durée, par l'observation des points de lumière que l'on aperçoit sur ou près de la tranche des anneaux, lorsque la Terre passe par leur plan (**London, PTr, 1790, 480**). Il donne le chiffre

$$10^h\ 32^m\ 15^s,4.$$

Mais le déplacement des points de lumière, duquel *W. Herschel* déduisait la vitesse angulaire, a été fortement contesté. Il a d'abord été nié par *Schroeter* (**BaJ, 1806, 159**) et par *Harding* (**BaJ, 1806, 249**). *De Vico* en 1840 et 1842 (**Paris, Crh, XV, 1842, 746**), *W. C. Bond* en 1848 (**Cambridge Ann, II, I, 1857, 25, 115**), *J. Schmidt* la même année (**ANn, XXIX, 1849, 161**), ont vu ces points demeurer immobiles. Enfin *Schwabe* (**ANn, LVIII, 1862, 245**) a également nié la rotation de l'anneau en 10 heures.

Les points de lumière dont il est ici question avaient d'abord été signalés par *Messier* (**Paris, H & M, 1774, 49**)). Comment sont-ils produits? *W. C. Bond* infère de leur position et de leur fixité, qu'ils marquent les points où la tranche intérieure des anneaux redevient visible, c'est-à-dire les points d'inflexion des différentes courbes annulaires concentriques (**Cambridge, Ann, II, I, 1857, 115**).

§ 270. ANNEAU : CONDITION MÉCANIQUE.

Les conditions d'équilibre d'un anneau tel que celui de Saturne ont été d'abord considérées par

2698. **Laplace, P. S. de.** Mémoire sur la théorie de l'anneau de Saturne. **Paris, H & M, 1787, 249.**

Ce géomètre y est revenu ensuite dans

2699. **Laplace, P. S. de.** De la figure de l'anneau de Saturne. **Laplace, TMc, II, 1799, liv, III, ch. vj.**

Il assigne à la section transversale d'un anneau semblable à celui de Saturne, la figure d'une ellipse très-aplatie.

Mais s'agit-il d'anneaux continus? *Roberval* avait anciennement émis l'idée que l'anneau n'est qu'un amas de satellites extrêmement petits, décrivant chacun une orbite indépendante (**Montucla, HdM, IV, 1802, 19.** — Comparez : **Paris, H & M, 1705, 18**). *Duséjour* regardait l'anneau comme formé d'un très-grand nombre de zones concentriques (**Duséjour, TaM, II, 1789, 255**). *Tisserand* a montré, en effet, que l'équilibre n'est possible qu'autant que l'anneau soit divisé par bris concentriques (Annales de l'Observatoire de Toulouse, 4°, Paris; vol. 1, part. I, 1881, p. A69). Il établit de plus que cet équilibre ne pourrait exister, si la densité de l'anneau était moindre que $\frac{1}{4}$ de la densité moyenne de Saturne (Ibid., p. A68).

Au reste, les recherches récentes tendent à faire regarder l'anneau comme un amas de corpuscules disjoints.

Voyez notamment :

2700. **Maxwell, J. C.** On the stability of the motion of Saturn's ring; 4°, Cambridge, 1859.

2701. **Hirn, G. A.** Mémoire sur les conditions d'équilibre et sur la nature probable des anneaux de Saturne; 4°, Nancy, 1872.

§ 271. SYSTÈME GÉNÉRAL DES SATELLITES.

Après la découverte des satellites de Jupiter par *Galilée*, *Képler* annonça qu'il pourrait bien y en avoir six ou huit autour de Saturne (*Keplerus,* Dissertatio cum nuncio sidereo, 4°, Pragae, 1610; p. 6. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 491**). On en connaît, en effet, huit aujourd'hui.

Les noms des sept satellites de Saturne qui étaient connus en 1847, sont dus à *J_1. Herschel* (Results of astromomical observations made at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. 415). Le nom d'Hyperion a été proposé par *Lassell* (**London, MNt, VIII, 1848, 195**), pour le satellite découvert par *G. P. Bond.*

Sous le rapport de la visibilité, les satellites de Saturne peuvent se diviser de la manière suivante :

Titan, très-prépondérant;

Quatre satellites faibles, aperçus par *J. D. Cassini;*

Trois satellites très-faibles, de découverte moderne.

Il n'est pas impossible de voir Titan et peut-être certains des satellites de *Cassini*, avec une ouverture de 0ᵐ075 (The English mechanic and world of science, 4°, London; vol. X, 1870, p. 70).

Le grand satellite, Titan, fut observé par *Huygens,* le 25 mars 1655, à l'aide d'un réfracteur de 3ᵐ7 de foyer (*Hugenius*, De Saturni luna observatio nova, 4°, Hagae Comitis, 1656; p. 1. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, vol. II, p. 521). On a parfaitement établi qu'il n'avait jamais été vu par *Galilée* (**Amsterdam, Ver_2, II, 1868, 349**).

Parmi les satellites faibles, c'est le plus éloigné de la planète, Iapetus, qui fut découvert le premier. *J. D. Cassini* l'aperçut le 25 octobre 1671, en se servant d'un réfracteur de 5ᵐ2 de foyer (*Cassini, J. D.,* Découverte de deux nouvelles planètes autour de Saturne; fol., Paris, 1673. — Réimprimé : **Paris, His, X, 1730, 584**). Rhea vint ensuite, avec un réfracteur de 11ᴹ, le 13 décembre 1672 (ibid.). Puis, toujours en se rapprochant de Saturne, Dione et Tethys, le 21 mars 1684, avec un objectif de *Campani* de plus de 30ᴹ de longueur focale (*Cassini, J. D.,* Nouvelle découverte des deux satellites de Saturne les plus proches; 4°, Paris, 1686. — Réimprimé : **Paris, His, X, 1730, 694**).

Les quatre satellites de *J. D. Cassini* furent revus d'abord par *J. Cassini* (**Paris, H & M, 1714, 361**), par *Pound* (**London, PTr, 1718, 769**), par *Halley* (**London, PTr, 1723, 385**) et par *Bernard* (**JdS_1, 1788, 117**).

En 1789, *W. Herschel* découvrit les deux satellites intérieurs, à l'aide de son grand réflecteur de 12ᴹ de longueur focale. Il avait vu Enceladus le 17 août 1787; mais il ne le reconnut comme nouveau que le 28 août 1789 (**London, PTr, 1790, 10**). Il avait découvert Mimas le 8 septembre 1789 (ibid., p. 487).

A cette époque, il restait une très-vaste lacune entre les deux satellites les plus éloignés de la planète, Titan et Iapetus; *de Vico* l'avait signalée tout particulièrement (**Roma, Oss. 1838, 13**). C'est dans cet hiatus que *G. P. Bond* a trouvé Hyperion, le 16 septembre 1848, en se servant d'un réfracteur de 0ᵐ38 d'ouverture (**London, MNt, VIII, 1848, 195**. Aussi : **London, MAS, XVIII, 1850, 24**). Par une curieuse coïncidence, *Lassell* apercevait ce petit corps deux jours plus tard, le 18 septembre 1848, à l'aide de son grand miroir de 0ᵐ6 de diamètre (**ibid., XVIII, 21**).

La situation d'Hyperion est telle, qu'il y aurait lieu de chercher un ou même plusieurs satellites entre ce corps et Iapetus.

Voici les noms et les grandeurs ou mieux magnitudes des satellites, dans l'ordre des distances croissantes à la planète. Les chiffres romains désignent l'ancien numérotage, qui a été suivi encore par *Bessel* et par *Lamont*.

	ANCIEN NUMÉRO.	*J₁. Herschel* (Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope. 4°, London, 1847; p. 414).	*G. P. Bond* (Cambridge. Ann, II, I, 1857, 25).	*Pickering*, suivant l'échelle de *Zöllner* (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 10).
1. Mimas.	(VII)	»	»	12,84
2. Enceladus.	(VI)	13	13	12,33
3. Tethys.	I	12,5	10	11,39
4. Dione	II	12	9,5	11,50
5. Rhea	III	11	9,5	10,81
6. Titan [satellite de Huygens]. . .	IV	9	9	9,43
7. Hyperion	»	»	17,5	13,74
8. Iapetus.	V	11,5	11,5	11,82

J. D. Cassini reconnut, en 1684, que la troisième loi de *Képler* s'applique au système des satellites de Saturne (**Paris, His, I, 1733, 417**).

Il existe, dans ce système, entre les temps de révolution, plusieurs relations remarquables. Ainsi, J_1. *Herschel* a indiqué que le temps périodique de Tethys est sensiblement double de celui de Mimas, et le temps périodique de Dione double de celui d'Enceladus (**London, MNt, VII, 1847, 24**). *Behr* ajoute que la révolution d'Hyperion est quintuple de celle de Rhea, et la révolution de Iapetus quintuple de celle de Titan (**Bruxelles, Bul_1, XX, 1853, I, 148**).

Kirkwood trouve entre les moyens mouvements n_1, n_2, n_3, n_4 des quatre satellites intérieurs, la relation

$$5(n_1 - n_2) + (n_3 - n_2) + 4(n_4 - n_2) = 0.$$

Pour satisfaire à cette équation il faut seulement ajouter $0^s,62$ à la période de Mimas (**London, MNt, XXXVIII, 1878, 64**).

§ 272. ÉLÉMENTS DES SATELLITES.

Dans ce qui va suivre nous désignons par

L la longitude moyenne saturnicentrique du satellite sur le plan de l'anneau, à l'époque indiquée;
T la période;
Π la longitude du périsaturne;
e l'excentricité;
a le demi-grand axe vu à la distance moyenne de Saturne au Soleil;
m le moyen mouvement en 365 jours;
N la longitude du nœud ascendant sur l'écliptique;
i l'inclinaison par rapport au même plan;
N' et i' le nœud et l'inclinaison comptés sur l'équateur terrestre;
N_0 et i_0 les mêmes données rapportées au plan de l'équateur de Saturne et de l'anneau.

Laplace a montré comment l'aplatissement de Saturne maintient les satellites intérieurs, jusqu'à Rhea inclusivement, sensiblement dans le plan de l'équateur de la planète et de son anneau (**Laplace, TMc, IV, 1805**; liv. VIII, ch. XVIJ, n° 56).

Afin de présenter des termes de comparaison, nous rappellerons ici qu'on a, pour l'anneau, au commencement de 1880 :

Sur l'écliptique	N = 167°53'	i = 28°10'
Sur l'équateur terrestre	N' = 126 16	i' = 7 5
Sur l'orbite de Saturne.	N'' = 171 53	i'' = 26 48

Dans les éléments qu'on trouvera plus bas, les longitudes de *W. Meyer* sont des longitudes apparentes, corrigées pour l'aberration à la distance moyenne de Saturne au Soleil.

1. MIMAS. [Ancien VII.]

1790. W. HERSCHEL. (**London, PTr, 1790, 487.**)

L 1788,00 t. m. Slough. . . 65°, 02	$a = 28'',668\ 9$
T = 0j 22h 37m 52s,9	$e = 0?$

1836. W. Beer & Mädler, en recalculant les observations de *W. Herschel*. (ANn, XIII, 75. — Reproduit : Beer & Mädler, Frg, 1840, 93 (Bei, 1841, 73.))

L 1789, sept. 14ʲ,559 7, t. m. Slough. . . 264°16′36″ — Π = 104°,42
T = 0ʲ 22ʰ 36ᵐ 17ˢ,705 — e = 0,068 89

1839. De Vico, en combinant ses observations avec celles de *W. Herschel*. (Roma, Oss, 1838, 15.)

L 1838, août 28ʲ,869 984, t. m. Rome. . . 52°0′5″,0 — a = 25″,369 8
T = 0ʲ 22ʰ 36ᵐ 17ˢ,058 24

1847. J₁. Herschel. (Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope, 4°, London ; p. 422.)

L 1836,00, t. m. Greenwich. . . 16°34′,2 — m = 387ᶜ 95°,96

1860. Jacob. (London, MAS, XXVIII, 105.)

L 1858,00, t. m. Greenwich. . . 331°4′ — m = 387ᶜ 118°,055

1878. Holden, d'après les observations de Washington en 1874-1877. (Nature, 4°, London; vol. XVIII, 1878, p. 696.)

L 1878, janv. 1ʲ,020 7 t. m. Greenwich. . . 126°14′,5 — a = 27″,40
T = 0ʲ 22ʰ 37ᵐ 5ˢ,614 — e = 0 ?

Dans tous ces calculs, l'inclinaison sur le plan de l'anneau est regardée comme nulle.

Jacob ayant trouvé (l. c.) qu'entre l'époque de 1857 et celle de 1858 la longitude du périsaturne différait de 180°, *Tisserand* dit qu'il faut prendre, pour ce mouvement en un an, 1ᶜ 180° ou même 2ᶜ 180° (Annales de l'Observatoire de Toulouse, 4°, Paris; vol. I, 1881, part. I, p. A59.)

Diamètre de Mimas estimé par *W. Herschel*. (London, PTr, 1790, 7.). . 0″,25

Ce diamètre évalué photométriquement par *Pickering* (Cambridge, Ann, XI, II; 1879, ch. 9.) 0,075

2. Enceladus. [Ancien VI.]

1790. W. Herschel. (London, PTr, 1790, 487.)

L 1788,00, t. m. Slough. . . 307°,48 — a = 36″,788 9
T = 1ʲ 8ʰ 53ᵐ 8ˢ,9 — e = 0 ?

1836. W. Beer & Mädler, en recalculant les observations de *W. Herschel.* (ANn, XIII, 73. — Reproduit : Beer & Mädler, Frg, 1840, 93 (Bei, 1841, 73.))

L 1789, sept. 14j 11h 53m t. m. Slough. . . 67° 56′ 25″,5 $e = 0?$
T = 1j 8h 53m 2s,728

1837. Lamont. (ANn, XIV, 55.)

L 1835, mai 31j,453 106 t. m. Bogenhausen. . . 236° 48′
T = 1j 8h 52m 59s,71

1839. De Vico, en combinant ses observations avec celles de *W. Herschel.* (Roma, Oss, 1838, 12.)

T = 1j 8h 52m 57s,275

1840. W. Beer & Mädler, en combinant les observations de *Lamont* avec celles de *W. Herschel.* (Beer & Mädler, Frg, 1840, 105 (Bei, 1841, 85.))

T = 1j 8h 52m 57s,796.

1844. Lamont, en liant ses observations à celles de *W. Herschel.* (Gelehrte Anzeigen herausgegeben von Mitgliedern der Baierischen Akademie, 4°, München ; vol. XIX, p. 418, 419.)

L 1839,00 t. m. Paris. . . 317° 33′
T = 1j 8h 53m 6s,76

1847. J_1. Herschel. (Results of the Cape, déjà cités, p. 427.)

L = 1836,00 t. m. Greenwich. . . 67° 41′,6 $m = 266^c$ 137°,175 948 5
$e = 0?$

1860. Jacob. (London, MAS, XXVIII, 104, 90.)

L 1858,00 t. m. Greenwich. . . 83° 57′ $a = 34'',99$
$m = 266^c$ 137°,205 55 $e = 0?$

1881. W. Meyer. (Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, 4°, Genève; vol. XXVII, part. II, p. 265.)

L 1880, oct. 8j,0 t. m. Greenwich. . . 5° 18′,3 $\Pi = 181°45',3$
T = 1j 8h 52m 40s,5 $e = 0,066\ 235$
$a = 34'',29$ $i' = 4°38',0$
N′ = 127° 5′,9

Le mouvement annuel du périsaturne serait, d'après *Tisserand* (Annales de l'Observatoire de Toulouse, déjà citées, p. A59), 194° ou 285°, suivant l'hypothèse que l'on fait sur la vitesse du périsaturne de Mimas.

Le diamètre d'Enceladus est beaucoup moindre que 1″, suivant *W. Herschel* (London, PTr, 1790, 12). Il serait, d'après l'estime de *Pickering* (Op. cit., ch. 9). . . 0″,091.

3. Tethys. [Ancien I.]

1686. J. D. Cassini. (Paris, His, X, 1730, 694.)

T = 1j 21h 19m $a = 45'',13$

1718. Pound. (London, PTr, 1718, 769.)

T = 1j 21h 18m 27s

1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, 1740, 640.)

L 1760,00 t. m. Paris. . . 335° 41′ $m = 193^c\ 124°,587\ 5$

1788. J. J. de Lalande, par les observations de *P. J. Bernard*. (Paris, H & M, 1788, 216.)

L 1788,00 t. m. Paris. . . 327° 53′ $m = 193^c\ 124°,745$

1790. W. Herschel. (London, PTr, 1790, 489.)

L 1788,00 t. m. Slough. . . 131°,91 $a = 43'',534$
T = 1j 21h 17m 0s. $e = 0?$

1837. Lamont. (München, Abh₂, II, 745.)

L 1840,00 t. m. Paris. . . 110° 46′,8 $\Pi = 357° 39'$
$m = 193^c\ 124°,825\ 115$ $e = 0,005\ 1$
$a = 42'',42$
$N_0 = 184° 36'$ $i_0 = 1° 33',1$

1844. Lamont, en recalculant les observations de *W. Herschel*, et en les liant avec les siennes. (Gelehrte Anzeigen, déjà citées; vol. XIX, p. 415, 419.)

L 1789,00 t. m. Slough. . . 100° 35′ $\Pi = 244° 30'$
T = 1j 21h 18m 26s,14 $e = 0,029\ 27$

1847. J₁. Herschel. (Results of the Cape, déjà cités, p. 426.)

L 1836,00 t. m. Greenwich. . . 313° 43′,8 $\Pi = 53° 40'$
$m = 193^c\ 124°,928\ 045\ 0$ $e = 0,042\ 17$

1860. Jacob. (London, MAS, XXVIII, 106.)

L 1858,00 t. m. Greenwich. . . 46° 58′,5 $\Pi = 158° 47'$
$m = 193^c\ 124°,669\ 625$ $e = 0,009\ 675$

1881. W. Meyer. (Mémoires de Genève, déjà cités, p. 265.)

L 1880, oct. 27j,0 t. m. Greenwich. . . 300° 2′ 11′ $\Pi = 204° 6' 45''$
T = 1j 21h 18m 8s,4 $e = 0,006\ 847$
$a = 42'',48$
$N' = 113° 57' 33''$ $i' = 7° 0' 40''$

Le mouvement annuel du périsaturne serait, d'après une année d'observations de *Jacob* (**London, MAS, XXVIII, 1860, 106**), 51°7′. La théorie donne à *Tisserand* (Annales de l'Observatoire de Toulouse, déjà citées, p. A59) 87° ou 122°, suivant l'hypothèse faite sur le mouvement du périsaturne de Mimas.

Diamètre de Tethys, d'après *Schroeter* (**BaJ, 1800, 175**. — Comparez : **London, MAS, II, 1826, 517**) . . . 0″,125. Ce diamètre, suivant les évaluations photométriques de *Pickering* (op. cit., ch. 9) . . . 0″,142.

4. Dione. [Ancien II.]

1686. J. D. Cassini. (**Paris, His, X, 1730, 694**. — Comparez : **London, PTr, 1687, 299**.)

$T = 2^j\,17^h\,43^m$ $\qquad a = 60'',95$

1718. Pound. (**London, PTr, 1718, 769**.)

$T = 2^j\,17^h\,41^m\,22^s$

1740. J. Cassini. (**Cassini, Elm, 640**.)

L 1760,00 t. m. Paris. . . 280° 18′ $\qquad m = 133^c\,130°,173\,6$

1788. J. J. de Lalande. (**Paris, H & M, 1788, 216**.)

L 1788,00 t. m. Paris. . . 307° 45′ $\qquad m = 133^c\,130°,255\,3$

1790. W. Herschel. (**London, PTr, 1790, 489**.)

L 1788,00 t. m. Slough. . . 173°,95 $\qquad a = 58'',548$
$T = 2^j\,17^h\,31^m\,9^s$ $\qquad e = 0?$

1844. Lamont, en recalculant les observations de *W. Herschel*, et en les liant aux siennes. (Gelehrte Anzeigen, déjà citées; vol. XIX, p. **414**, **419**.)

L 1789,00 t. m. Slough. . . 144° 41′ $\qquad \Pi = 305°\,42'$
$T = 2^j\,17^h\,41^m\,8^s,26$ $\qquad e = 0,012\,65$

1847. J. Herschel. (Resulls of the Cape, déjà cités, p. 422.)

L 1836,00 t. m. Greenwich. . . 327° 40′8 $\qquad \Pi = 42°\,30'$
$m = 133^c\,130°,395\,304\,0$ $\qquad e = 0,020\,66$

1860. Jacob. (**London, MAS, XXVIII, 106**.)

L 1858,00 t. m. Greenwich. . . 245° 11′,5 $\qquad \Pi = 330°\,10'$
$m = 133^c\,130°,249\,085$ $\qquad e = 0,005\,945$
$a = 54'',60$

1881. W. Meyer. (Mémoires de Genève, déjà cités, p. 265.)

L 1880, oct. $27^j,0$ t. m. Greenwich. . $155°5'13''$ $\Pi = 180°16'48''$
$T = 2^j\,17^h\,40^m\,54^s,1$ $e = 0,016\,888$
$a = 54'',58$
$N' = 124°17'2''$ $i' = 6°41'30''$

Mouvement annuel du périsaturne, d'après *Jacob* (l. c.), 184° 10'; d'après *Tisserand* (l. c.) dans les deux hypothèses préindiquées, 35° ou 48°. Ces discordances sont énormes; mais il faut se rappeler que l'excentricité est faible.

Diamètre d'après *Schroeter* (BaJ, 1800, 173) . . . 0'',13; d'après *F. Struve* (London, MAS, II, 1826, 518) . . . 0'',75; et suivant les évaluations photométriques de *Pickering* (op. cit., ch. 9) . . . 0'',135.

5. Rhea. [Ancien III.]

1686. J. D. Cassini. (Paris, His, X, 1730, 584.)

$T = 4^j\,12^h\,25^m$ $a = 84'',86$

1718. Pound. (London, PTr, 1718, 769.)

$T = 4^j\,12^h\,25^m\,12^s$

1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, 640.)

L 1760,00 t. m. Paris. . . 145° 57' $m = 80^c\,286^o,951\,4$

1790. W. Herschel. (London, PTr, 1790, 489.)

L 1788,00 t. m. Slough. . . 93°,86 $a = 81'',492$
$T = 4^j\,12^h\,25^m\,11^s$

1844. Lamont, en recalculant les observations de *W. Herschel*, et en les liant aux siennes. (Gelehrte Anzeigen, déjà citées; vol. XIX, p. 413, 418.)

L 1789,00 t. m. Slough. . . 218° 29' $\Pi = 95°0'$
$T = 4^j\,12^h\,25^m\,12^s,11$ $e = 0,063\,74$

1847. J_1. Herschel. (Results of the Cape, déjà cités, p. 422.)

L 1836,00 t. m. Greenwich. . . 353° 44',0 $\Pi = 95°0'$
$m = 80^c\,286^o,97$ $e = 0,022\,69$

1860. Jacob. (London, MAS, XXVIII, 106.)

L 1858,00 t. m. Greenwich. . . 215° 31',5 $\Pi = 69°34'$
$m = 80^c\,286^o,928\,840$ $e = 0,001\,60$
$a = 76'',125$
$N = 167°4',5$ $i = 28°10',9$

1881. W. Meyer. (Mémoires de Genève, déjà cités, p. 265.)

L 1880.oct. 27j,0 t. m. Greenwich. . 309°42′52″ $\Pi = 239°26'0''$
$T = 4^j\,12^h 25^m 25^s,4$ $e = 0{,}014\,657$
$a = 75'',97$
$N' = 127°\,4'\,31''$ $i' = 6°\,36'\,10''$

Le mouvement annuel du périsaturne serait, d'après *Jacob* (l. c.), 96°,5 par une année d'observations. *Tisserand* (l. c.) donne 10°,9 ou 14°,6, suivant les hypothèses sur le mouvement des apsides de Mimas.

Diamètre de Rhea d'après *Schroeter* (BaJ, 1800, 173) . . . 0″,32; d'après les évaluations photométriques de *Pickering* (op. cit., ch. 9) . . . 0″,185.

Le 30 septembre 1879, *E. S. Holden* a observé, à Washington, une entrée de Rhea derrière le globe de Saturne. (London, MNt, XL, 1880, 283.)

6. Titan. [Ancien IV.]

1659. Huygens. (Systema saturnium; dans ses Opera varia, 1724, t. II, p. 551.)

$T = 15^j\,22^h 41^m$ $a = 206'',5$

1683. Halley. (London, PTr, 1683, 82.)

$T = 15^j\,22^h 41^m 28^s,3$

1718. Pound. (London, PTr, 1718, 769.)

$T = 15^j\,22^h 41^m 14^s$ $a = 182'',7$

1719. Bradley. (Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 350.)

$a = 176'',75$

1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, 640.)

L 1760,00 t. m. Paris. . . 0°45′ $m = 22^c\,320°,618\,6$
$a = 180'',0$
$N = 154°$ $i = 15°\,30'$

1790. W. Herschel. (London, PTr, 1790, 489.)

L 1788,00 t. m. Slough. . . 132°,41 $a = 188'',918$
$T = 15^j\,22^h 41^m 13^s,4$

1792. J. J. de Lalande, en réduisant à nouveau les observations de *Pound*. (Lalande, Ast_3, III, 207.)

$a = 178'',0$

1811. Bessel, premières recherches. (Königsberger Archiv für Naturwissenschaft und Astronomie, 8°, Königsberg; vol. I, 1812, p. 113.)

L 1800,00 t. m. Paris. . . 67°25′47″	Π = 203°33′7″
m = 22c 320°,603 6	e = 0,048 875 9
	a = 178″,658

1834. Bessel, dernières recherches, calculs de *Selander*. (ANn, XI, 21.)

L 1830,00 t. m. Paris. . . 125°0′52″,5	Π = 244°35′50″
m = 22c 320°,608 3	e = 0,029 223 26
	a = 176″,332 15
N = 167°39′16″,6	i = 27°35′46″,6

1847. J_1. Herschel. (Results of the Cape, déjà cités, p. 422.)

L 1836,00 t. m. Greenwich. . . 305°39′,3	Π = 270°0′
a = 177″,33	e = 0,023 85

1860. Jacob. (London, MAS, XXVIII, 106.)

L 1858,00 t. m. Greenwich. . . 260°28′,0	Π = 257°27′
m = 22c 320°.617 045	e = 0,028 378
	a = 176″,755
N = 167°54′,5	i = 27°35′,2

1881. W. Meyer. (Mémoires de Genève, déjà cités, p. 265.)

L 1880, oct. 27j,0 t. m. Greenwich. . 182°25′38″	Π = 277°13′3″
T = 15j 22h 41m 22s,2	e = 0,026 590
	a = 176″,89
N′ = 122°55′3″	i = 6°34′52″

Bessel, en comparant entre elles des observations éloignées, trouve pour le mouvement annuel du périsaturne (ANn, IX, 1831, 59,) + 0°,5082. *Tisserand* donne, de son côté (l. c.), + 0°,484 ou bien + 0°,738, selon l'hypothèse sur le mouvement du périsaturne de Mimas. *Jacob*, par des observations à un an d'intervalle, a trouvé (l. c.) + 0°,35.

Pour le nœud, *Bessel* obtient (l. c.) par la comparaison d'observations éloignées, + 0°,009 87 par an. *Jacob* (l. c.) par une seule année d'observations, donne — 0°,07.

Il est manifeste que les variations annuelles de *Bessel* sont à préférer.

Bessel a calculé, en outre, les principales inégalités périodiques de Titan (ANn, IX, 1831, 59.) *Plana* a traité de celle qui dépend de cinq fois le moyen mouvement de Iapetus moins une fois celui de Titan. (London, MAS, II, 1826, 351.)

Le diamètre de Titan, vu à la distance moyenne de Saturne au Soleil, serait, d'après *Schroeter* (**BaJ, 1800, 175**) . . . 0″,75; d'après *F. Struve* (**ANn, V, 1827, 14.**) . . . 0″,75; d'après *Mädler* (**Dorpat, Beo, XV, II, 1863, 51**) . . . 0″,753; d'après les évaluations photométriques de *Pickering* (op. cit., ch. 9) . . . 0″,350.

Dawes a estimé l'ombre de Titan sur Saturne (**London, MNt, XXII, 1862, 263**) entre 0″,8 et 1″,0.

W. Herschel trouve à ce satellite un disque sensible, et le croit entouré d'une atmosphère. (**London, PTr, 1790, 444.**)

Tisserand a cherché la valeur de la masse de Titan, d'après le déplacement du nœud de Iapetus depuis 1714 (Annales de l'Observatoire de Toulouse, déjà citées, p. A44). Il trouve que cette masse est au plus $\frac{1}{11\,000}$ de celle de Saturne.

On peut voir les éclipses, les occultations et les passages de Titan, comme on voit ces phénomènes pour les satellites de Jupiter. *J. Cassini* a observé, par exemple, une occultation de Titan par Saturne, le 25 mars 1715 (**Paris, H & M, 1715, 45**). *W. Herschel* a noté une sortie d'occultation le 2 novembre 1789 (**London, PTr, 1790, 442**); *Bessel*, une immersion le 22 février 1833 (**Königsberg, Beo, XIX, 1838, 86**). *Dawes* a suivi des passages de Titan et de son ombre devant la planète (**London, MNt, XXII, 1862, 296**). Le passage de l'ombre n'est pas difficile à observer, et dans ces derniers temps, on en a noté d'assez nombreux exemples.

Le 20 mars 1692, *J. D. Cassini* a vu Titan occulter une petite étoile, qu'il a couverte pendant 13 minutes (**Paris, His, II, 1733, 158**).

7. Hyperion.

1849. G. P. Bond. (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. II, 1852, p. 139. — Comparez : **London, MNt, IX, 1849, 104.** Aussi : **ANn, XXXI, 1851, 42.**)

L 1849, janv. 1j,0 t. m. Cambridge [U. S.] . . . 32°	Π = 295°
T = 21j,18	e = 0,115
	a = 214″

1853. Lassell. (**London, MNt, XIII, 181.**)

T = 21j,297

1879. A. Hall. (Bulletin of the philosophical society of Washington, 8°, Washington; vol. III, 1880, p. 40.)

L 1875, oct. 27j,838 0 t. m. Greenwich. . . 172°59',7	$\Pi = 172°59',7$
T = 21j,277 376 5	$e = 0,118\ 85$
	$a = 216'',56$
N' = 120° 12',0 (Équin. de l'époque).	$i' = 6°12',1$

Le mouvement du périsaturne d'Hyperion est plus rapide que *A. Hall* ne l'avait pensé d'abord. Après les observations de 1880, cet astronome a donné les trois points de repère (ANn, C, 1881, 281) :

1852, nov. 17j,520 8 t. m. Greenwich.	$\Pi = 240°10',9$
1875, oct. 27,838 0	172 59,7
1880, oct. 2,303 7	60 0,7

La période totale indiquerait un mouvement annuel de 6°,465.

Le diamètre d'Hyperion serait, d'après les évaluations photométriques de *Pickering* (op. cit., ch. 9) . . . 0'',047.

8. Iapetus. [Ancien V.]

1687. J. D. Cassini. (Paris, His, X, 1730, 584.)

T = 79j 7h 55m	$a = 568''$
	$i_0 = 17°$ à 18°

1718. Pound. (London, PTr, 1718, 769.)

T = 79j 7h 48m 0s	$a = 496''$

1740. J. Cassini. (Cassini, Elm, 640. — Comparez : Paris, H & M, 1716, 217.)

L 1760,00 t. m. Paris. . . 250° 36'	$m = 4^s\ 216°,437\ 8$
T = 79j 7h 53m 42s,8	$e = 0,052?$
N_0 = 154° 0' (en 1714)	$i_0 = 17°$ à 18°

1786. J. J. de Lalande, sur les observations de *J. P. Bernard.* (Paris, H & M, 1786, 372.)

$N_0 = 145°5' - 0°,079\ 7\ (t - 1787)$	$i_0 = 24°45'$

1790. W. Herschel. (London, PTr, 1790, 489.)

L 1788,00 t. m. Slough. . . 196°,84	$a = 511'',76$
T = 79j 7h 47m	

1826. Plana, en discutant les observations de *J. P. Bernard*. (**London, MAS, II, 349.**)

$N^o = 134°34'1'' - 0°,0714\,(t - 1787,0)$ $\qquad i_o = 20°1'49''$

1847. J$_1$. Herschel. (Results of the Cape, déjà cités, p. 422.)

$a = 518'',07$

1854. De la Rue, d'après ses observations et celles de *Lassell*, équinoxe moyen 1852,0. (**London, MNt, XIV, 166.**)

L 1852, nov. 16^j,00 t. m. Greenwich. . . 263°	$\Pi = 130°$
$T = 79^j\,9^h\,13^m\,12^s$ (synodique)	$e = 0,023$
	$a = 514'',7$
$N_o = 141°20'$.	$i_o = 18°30'$

1860. Jacob. (**London, MAS, XXVIII, 106.**)

L 1858,00 t. m. Greenwich. . . 294°28',6	$\Pi = 353°30' + 4°,17\,(t - 1858,0)$
$m = 4^c\,216°,383\,322\,5$	$e = 0,028\,201$
$N_o = 142°53',7$	$i_o = 18°43',6$

1881. Tisserand, sur les observations de Washington de 1874. (Annales de l'Observatoire de Toulouse, déjà citées, p. A51.)

L 1874, sept 30^j,5 t. m. Greenwich. . . 333°16',7	$\Pi = 348°,0$
$m = 4^c\,216°,383\,350$	$e = 0,029\,37$
	$a = 514'',37$
$N_o = 142°40',0 - 0°031\,46\,(t - 1874,0)$	$i_o = 18°31',5$

Le mouvement du nœud est tiré de la comparaison avec les observations recalculées de *J. Cassini*, en 1714 (op. cit., p. A47).

Iapetus est soumis à une grande inégalité, qui a pour argument cinq fois le moyen mouvement de ce satellite, moins une fois celui de Titan. Son orbite est affectée d'une libration considérable, qui a une période de 48 ou 49 siècles (*Plana*, dans **London, MAS, II, 1826, 351**).

Schroeter fait le diamètre de Iapetus (**BaJ, 1800, 173**) de 0'',47. Les évaluations photométriques de *Pickering* donnent (op. cit., ch. 9) . . . 0'',121.

§ 273. TABLES DES SATELLITES.

Les premières tables qui aient été construites furent celles de Titan, par

2702. **Hugenius, C.** Tabulae motus aequalis Lunae saturniae in orbita sua respectu fixarum.

Dans son Systema saturnium; 4°, Hagae Comitis, 1659. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°, Lugduni Batavorum; édit. 1724, t. II, p. 552.

Ces tables furent ensuite corrigées par

2703. **Halley, J.** Correction of the theory of the motion of the satellite of Saturn. **London, PTr, 1683, 82.**

En 1687, *J. D. Cassini* donna des tables des cinq satellites anciens, Tethys, Dione, Rhea, Titan et Iapetus, sous le titre :

2704. **Cassini, J. D.** Letter, giving his corrections of the theory of the five satellites of Saturn, with tables of the motions of those satellites, adapted to the meridian of London and the julian account. **London, PTr, 1687, 299.**

Ce travail est reproduit : **Lipsia, AcE, 1688, 273.**

2705. **Cassini, J.** Tables des mouvements des satellites de Saturne. **Paris, H & M, 1716, 224,**

Réimprimé dans ses Tables astronomiques, 4°, Paris, 1740, p. 215; dans *Halley,* Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749, à la fin ; et par *Bode* dans Sammlung astronomischer Tafeln herausgegeben von der Berliner Akademie, 3 vol. 8°, Berlin; vol. III, 1776, p. 137.

2706. **Pound, J.** Tabulae motuum quinque satellitum Saturni ad fidem nuperarum observationum correctae coeloque conformes redditae. **London, PTr, 1718, 776.**

2707. **Leadbetter, C.** Tables of the satellites of Saturn. A la fin de son Astronomy of the satellites; 8°, London, 1729.

2708. **Lalande, J. J. de.** Tables des satellites de Saturne. **CdT, 1791, 288, 1792, 337.**

Ces tables ne contiennent encore que les mouvements des cinq satellites anciens.

2709. **Herschel, W.** Tables of the motions of Saturn's satellites. **London, PTr, 1790, 488.**

Ces tables renferment les mouvements des sept satellites alors connus.

2710. **Vince, S.** Tables of Saturn's satellites. Dans son Complete system of astronomy, 3 vol. 4°, Cambridge; vol. I, 1797, p. 286.

Ces tables donnent les mouvements pour tous les jours de l'année. Il suffit alors, pour trouver la position d'un satellite, de connaître sa longitude pour janvier 0j. Elles ont été conservées dans la 2e édit., 3 vol. 4°, London; vol. I, 1814.

2711. **Bessel, F. W.** Tafeln der mittlere Bewegungen des Hugenischen Satelliten. **ANn, IX, 1831, 49.**

Périsaturne, nœud et inclinaison de l'orbite de Titan, pour toutes les années de 1800 à 1900, avec le mouvement pour les mois et les jours.

2712. **Weiss, F.** Gesetze der Satellitenbildung; 8°, Gotha, 1860.

Marth donne régulièrement les éléments d'éphémérides pour les cinq satellites intérieurs, dans les publications périodiques suivantes : **London, MNt; ANn; ARr.**

§ 274. ROTATION DES SATELLITES.

C'est d'abord sur Iapetus que fut faite l'observation d'une rotation, parmi les satellites de Saturne. Dès 1673, *J. D. Cassini* avait remarqué qu'à la digression orientale, Iapetus est invisible durant 30 jours environ, ce qu'il attribuait à des taches (**Paris, His, I, 1733, 174**). *J. Cassini*, ayant renouvelé cette observation, affirma que Iapetus tourne toujours la même face à sa planète (**Paris, H & M, 1714, 370**). *W. Herschel* a confirmé cette assertion, et trouvé que le satellite varie de trois grandeurs [magnitudes] dans le cours d'une révolution (**London, PTr, 1792, 1**).

Après Iapetus, ce fut Titan dont on reconnut la rotation. *Le Monnier* signala que ce satellite est invisible dans une partie de son orbite (**Paris, H & M, 1757, 88**). *J. J. de Lalande* dit qu'on a beaucoup de peine à le voir à l'Est de Saturne ; il est au maximum avant la digression Ouest ; on le voit encore bien vers la conjonction supérieure, mais peu à l'inférieure (**Lalande, Ast$_3$, III, 1792, 204**).

Schroeter a porté des conclusions plus générales. Tethys, Dione, Rhea, Titan et Iapetus lui ont offert des apparences, qui le satisfont, que ces cinq satellites tournent toujours la même face à Saturne, et exécutent par conséquent leur rotation dans le même temps que leur révolution (*Von Zach*, Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. I, 1798, p. 131. — Comparez : **BaJ, 1800, 166; 1801, 126**).

CHAPITRE XIX.

URANUS.

---

§ 275. MOUVEMENTS ET TABLES.

Uranus fut découvert par *W. Herschel* le 13 mars 1781 (**London**, **PTr**, **1781**, **492**). On croyait d'abord avoir affaire à une comète. *De Saron* annonça le premier, à l'Académie des sciences de Paris, le 8 mai 1781, que cet astre était au delà de Saturne (**Paris**, **H & M**, **1779** [imprimé en **1781**], **529**. — Comparez : *Lalande,* Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 662).

Dans une lettre du 15 avril 1782, *Lexell* donna les éléments d'une orbite circulaire, dont il fixait le demi-grand axe à 18,9 (**BaJ**, **1785**, **203**). *Laplace* calcula les premiers éléments elliptiques (**CdT**, **1786**, **3**).

La nouvelle planète fut nommée par *Bode* (Schriften der Berliner Gesellschaft naturforschenden Freunde, 8°, Berlin; vol. III, 1781, p. 350). On a su depuis, par une lettre inédite de *Jean$_3$ Bernoulli,* de la même année, que ce savant avait proposé le nom d'Hypercronius (**MCz**, **V**, **1802**, **343**). *W. Herschel* voulait l'appeler « Georgium sidus » (**London**, **PTr**, **1783**, **1**), et pendant quelque temps on se contenta de désigner la nouvelle planète sous le nom d'Herschel (**CdT**, **1786**, **3**).

On trouva bientôt qu'Uranus avait été observé précédemment, par des astronomes qui l'avaient pris pour une simple étoile. *Lichtenberg* fit connaître que *T. Mayer* en avait pris la position en 1756 (**BaJ**, **1785**, **192**). Uranus se trouvait aussi parmi les observations de *Flamsteed*, qui l'avait désigné comme 34 Tauri, de *Bradley* et de *Le Monnier* (**BaJ**, **1787**, **243**; **CdT**, **1820**, **408**, **410**; **1821**, **339**).

Von Oppolzer a montré, dans ces derniers temps (**ANn**, **XCVII**, **1880**, **253**), que l'étoile mobile observée en 1831 par *Wartmann,* et dont la nature avait paru mystérieuse, n'était autre que la planète Uranus.

Sur l'histoire de la découverte de cette planète, on peut consulter :

2713. **Lalande, J. J. de.** Histoire de la découverte de la planète d'Herschel.

Dans les Éphémérides des mouvements célestes pour le méridien de Paris, t. VIII, de 1785 à 1792; 4°, Paris, 1783.

Traduction.

Dissertatio cel Dn. de la Lalande de planeta herscheliano (par *F. v. P. Triesnecker*). **EpV, 1787, 74.**

Cette traduction est augmentée de notes par *Hell.*

2714. **Wurm, J. F.** Historia novi planetae Urani ; 8°, Gothae, 1791.

Traduction.

Geschichte des neuen Planeten Uranus (par l'auteur); 8°, Gotha, 1791.

Comme monographies d'Uranus, on peut citer :

2715. **Lamont, J.** Ueber den Planeten Uranus. Jahrbuch der Sternwarte bei München, 12°, München; année 1839, p. 213.

2716. **Arago, F.** Uranus. **Arago, Ape, IV, 1857, 477.**

2717. **Flammarion, C.** Le système uranien.

Dans ses Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; vol. VII, 1877, p. 108.

2718. **Niesten, L.** Uranus. Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles; vol. II, 1882, p. 10.

Les perturbations d'Uranus ont été successivement calculées dans les ouvrages suivants :

2719. **Le Roi, N. C. Duval.** Mémoire sur la détermination des variations séculaires des éléments d'Herschel, occasionnées par l'action de Saturne et de Jupiter et des variations périodiques de son mouvement, dépendantes de ses distances héliocentriques à ces planètes. **Berlin, Mém$_2$, 1786-87, 254.**

Avec quelques lignes d'introduction de *Lagrange*, et des additions dans le volume pour 1792-93, p. 300.

2720. **Oriani, B.** De variationibus saecularibus et periodicis novi planetae Urani a viribus perturbatricibus aliorum planetarum pendentibus. **EpM, 1790, 34; 1791, 25.**

2721. **Schubert, F. T.** De perturbatione motus Urani. **Petropolis, NAc, XI, 1798, 441, 464.**

2722. **Laplace, P. S. de.** Théorie d'Uranus. **Laplace, TMc, III, 1802,** liv. vi, ch. xiv.

2723. **Bouvard, A.** Formules pour le lieu héliocentrique d'Uranus.

Dans ses Tables astronomiques, 4°, Paris, 1821; introd., p. xv.

2724. **Schubert, F. T.** Inégalités d'Uranus.

Dans son Traité d'astronomie théorique, 3 vol. 4°, Hambourg; vol. III, 1834, p. 400, 404, 407.

2725. **Pontécoulant, G. de.** Théorie d'Uranus.

Dans son Exposition analytique du système du monde, 4 vol. 8°, Paris; vol. III, 1834, p. 379.

2726. **Peirce, B.** Perturbations of Uranus; investigations into the action of Neptune upon Uranus. Proceedings of the American Academy of sciences, 8°, Boston; vol. I, 1848, p. 144, 332.

C'est la première fois qu'on donnait le calcul des perturbations d'Uranus par Neptune.

2727. **Lehmann, W.** Säcularstörungen des Uranus. **ANn, LX, 1863, 294.**

2728. **Newcomb, S.** An investigation of the orbit of Uranus. Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XIX, 1874, n° 3.

2729. **Le Verrier, U. J.** Théorie d'Uranus. **Paris, MOb, XIII, 1876, 119, [18], [23].**

Il n'y aurait pas d'intérêt à rapporter les différents systèmes d'éléments, nécessairement imparfaits, fournis par les premiers calculs de l'orbite. Nous les prendrons seulement au moment où ils ont commencé à reposer sur un arc héliocentrique d'une certaine étendue. Dans ce qui suit, la lettre *t* représente toujours le nombre d'années juliennes écoulées depuis l'époque.

1788. ORIANI. (EpM, 1789, 174.)

Époque 1782, t. m. Milan.

Longitude moyenne.	96° 9′ 8″	+	15 597″,93 t,
— du périhélie.	167 16 58	+	52,87 t,
— du nœud.	72 52 0	+	14,00 t,
Inclinaison.	0 46 25		
Plus grande équation du centre . . .	5 20 57		

1789. DELAMBRE. (Lalande, Ast₃, III, 1792, 475.)

Époque 1801,00 t. m. Paris.

Longitude moyenne.	177°47′ 18″	+	15 474″,8 t,
— du périhélie	167 21 42	+	52,638 2 t,
— du nœud.	72 51 14	+	41,272 4 t,
Inclinaison	0 46 25	+	0,031 33 t,
Plus grande équation du centre . . .	5 20 57,7	—	0,104 t.

1821. A. BOUVARD. (Tables astronomiques, contenant les tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus; 4°, Paris.)

Époque 1800, janv. 0j,5 t. m. Paris.

Longitude moyenne	173°30′ 16″,6	+	15 476″,45 t,
— du périhélie	167 30 23,6	+	52,496 t,
— du nœud.	72 40 37,0	+	15,16 t,
Inclinaison.	0 46 28,4	+	0,031 4 t,
Plus grande équation du centre . . .	5 21 13,8	—	0,104 t.

1874. NEWCOMB. (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XIX, n° 3; p. 81, 184, 219.)

Époque 1850,00 t. m. Greenwich.

Longitude moyenne	20° 12′ 43″,73	+	15 424″,797 t,
— du périhélie.	170 38 48,7	+	53,168 t,
— du nœud	73 14 37,6	+	18,568 2 t,
Inclinaison.	0 46 20,92	+	0,024 7 t,
Plus grande équation du centre. . .	5 22 42,28	—	0,109 0 t.

1877. LE VERRIER. (Paris. MOb, XIV, I, A67, A69.)

Époque 1850,00 t. m. Paris.

Longitude moyenne.	29° 17′ 50″,91	+	15 475″,111 38 t,
— du périhélie	170 50 7,1	+	53,458 2 t,
— du nœud.	73 13 54,4	+	18,057 0 t,
Inclinaison.	0 46 19,72	—	0,017 32 t,
Plus grande équation du centre . . .	5 19 26,1	—	0,109 38 t.

On possède une suite de tables d'Uranus, qui se sont successivement améliorées. Nous citerons :

2730. **Oriani, B.** Tabulae novi planetae. **EpM, 1785, 163.**

2731. **[Bode, J. E.]** Tafeln für den Lauf des Uranus **BaJ, 1787, 185.** — Reproduit : **EpV, 1787, 121.**

2732. **[Nouet, N. A.]** Tables de la planète d'Herschel. **CdT, 1787, 176.**

2733. **Fixlmillner, P.** Tabulae planetae Uraniae. **EpV, 1787, 111.** — Reproduit : **BaJ, 1789, 113.**

2734. **Caluso, T. V. de.** De l'orbite d'Herschel ou Uranus avec de nouvelles tables pour cette planète. **Turin, Mém$_0$, III, 1788, 113.**

Jusque-là toutes ces tables étaient purement elliptiques.

2735. **Delambre, J. B. J.** Tables d'Uranus. **Lalande, Ast$_3$, I, 1792, tab., 186.**

Ces tables sont également insérées dans l'Historia novi planetae Urani de *Wurm*, 8°, Gothae, 1791.

2736. **Oriani, B.** Tabulae Urani ad meridianum Mediolani supputatae. **EpM, 1793, 9.**

2737. **Bouvard, A.** Tables astronomiques, contenant les tables ... d'Uranus; 4°, Paris, 1821.

Il y a une faute d'impression dans la longitude moyenne des tables ; il faut suivre l'Introduction, qui est correcte (**ANn, II, 1824, 441**).

2738. **Conti, A.** Tavole di Urano. Dans les Opuscoli astronomici [del Collegio Romano], 4°, Roma; [vol. VII], 1822, p. 184.

2739. **Newcomb, S.** General tables of Uranus' motion. Smithsonian contributions to knowlegde, 4°, Washington ; vol. XIX, 1874, n° 3, p. 206.

2740. **Le Verrier, U. J.** Tables du mouvement d'Uranus, fondées sur la comparaison de la théorie avec les observations. **Paris, MOb, XIV, I, 1877,** [A 9].

Il y a un article historique sur les premières tables et les premières théories d'Uranus :

2741. [Lindenau, B. von]. Geschichtliches über Theorie und Tafeln des Uranus. MCz, XXIII, 1811, 220.

§ 276. DIMENSIONS.

Les mesures suivantes se rapportent à la distance moyenne d'Uranus au Soleil.

Valeurs attribuées au diamètre équatorial et à l'aplatissement d'Uranus.

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1782. Maskelyne. (Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich, 4 vol. fol., London; vol. II, part. II, 1782.)	3",0	»
1787. Lexell, par comparaison avec le disque de Mars apogée. (Petropolis, NAc, I, 1787, his, 78.)	3,0	»
1788. W. Herschel, valeur à laquelle il s'arrête. (London, PTr, 1788, 378. — Comparez : 1783, 14.)	3,906	»
1814. Arago, au micromètre bi-réfringent. (Arago, OEu, XI, 1859, 427.) Moyenne, après réduction	4,284	»
1838. Lamont. (Jahrbuch der Sternwarte bei München, 12°, München; année 1839.).	3,15	»
1845. Mädler, au micromètre filaire, à trois oppositions différentes : à celle de 1842. (Dorpat, Beo, X, 1843, 61.).	4,27	$\frac{1}{10,85}$
A celle de 1843. (Dorpat, Beo, XI, 1845, 67.) . . .	4,327 4	$\frac{1}{9,92}$
A celle de 1845. (Dorpat, Beo, XIII, 1856, 90.) . .	3,98	$\frac{1}{9,43}$
Le disque ne se présentant pas exactement, dans ces oppositions, par une section méridienne, l'aplatissement réel est plus considérable : soit, par la moyenne, environ $\frac{1}{9,5}$.		
1863. Main, à l'héliomètre. (Oxford, Res, XXIII, 193.) . . .	2,87	»

	Diamètre équatorial.	Aplatissement.
1867. Lassell & Marth, au micromètre (London, MAS, XXXVI, 37); calculé par *Winnecke*. (Leipzig, Vjh, III, 1868, 258)	3",568	»
1869. H. C. Vogel, au micromètre filaire. (Bothkamp, Beo, I; 1872, 99.)	3,624	»
1872. Kaiser, au micromètre à double image. (Leiden, ASt, III, 270.)	3,62	»
1878. Doberck, par 4 mesures micrométriques (ANn, XCII, 159); après réduction, la moyenne	3,480	»

§ 277. MASSE.

La masse du Soleil est prise pour unité.

Valeurs attribuées à la masse du système d'Uranus.

1789. Wurm, en calculant les observations du satellite extérieur de *W. Herschel*, et en prenant 8",8 pour la parallaxe du Soleil. (BaJ, 1792, 214.)	$\frac{1}{16\,959}$
1796. F. T. Schubert, par les mêmes observations. (BaJ, 1799, 211.). .	$\frac{1}{20\,600}$
1802. Laplace, par les mêmes observations. (Laplace, TMc, III, liv. vi, ch. vj.)	$\frac{1}{19\,504}$
1802. Wurm, en reprenant ses premiers calculs. (MCz, V, 565.). . . .	$\frac{1}{19\,702,53}$
1821. A. Bouvard, par les perturbations de Jupiter et de Saturne. (Tables astronomiques, 4°, Paris; introd., p. ij.)	$\frac{\ }{17\,918}$
1840. Lamont, par les deux satellites extérieurs. (London, MAS, XI, 59.).	$\frac{1}{24\,605}$
1848. O. Struve, d'après les observations des satellites de *W. Herschel*. (London, MNt, VIII, 45.)	$\frac{1}{20\,008}$
1849. Adams, par les observations d'Oberon de *W. Herschel* et celles de *Lassell*. (London, MNt, IX, 160.) Moyenne	$\frac{1}{21\,031}$

1855. HIND, par les observations de *Lassell,* à Malte, en 1852, sur les deux satellites extérieurs. (London, MNt, XV, 48.) Moyenne. . . . $\frac{1}{20\,570}$

1871. VON ASTEN, par les observations de *Lamont,* de *O. Struve,* de *Lassell* et de *Marth,* sur les deux satellites extérieurs. (Saint Pétersbourg, Mém, XVIII, n° 5, p. 21.) . . . . $\frac{1}{22\,020}$

1875. COPELAND, par les observations des deux satellites extérieurs de *L. of Rosse,* en 1872-1874. (London, MNt, XXXV, 304.) Moyenne. $\frac{1}{24\,000}$

1875. NEWCOMB, par les observations de Washington de 1873 sur les deux satellites extérieurs. (Washington, Obs_2, 1873; app. I, part. j, p. 36.) . . . . $\frac{1}{22\,600}$

1878. NEWCOMB, par les observations de 1874-1875 sur ces deux satellites. (ANn, XCII, 19.) Moyenne . . . . $\frac{1}{22\,738}$

1878. A. HALL, par les observations de 1875-1876. (ANn, XCII, 22.) Moyenne . . . . $\frac{1}{22\,800}$

1878. HOLDEN, de même. (ANn, XCII, 22.) Moyenne . . . . $\frac{1}{22\,600}$

§ 278. ROTATION.

Buffham est jusqu'ici le seul astronome qui ait aperçu, sur le disque d'Uranus, des marques susceptibles de mettre en évidence la rotation de cette planète. Deux taches claires, qu'il a observées, chacune pendant une seule nuit, l'une en 1870, l'autre en 1872, lui ont paru indiquer une rotation de 12^h (peu certaine), autour d'un axe incliné à l'écliptique d'environ 80° (London, MNt, XXXIII, 1873, 164).

Flammarion, qui croit à l'existence d'un rapport déterminé entre la durée de la rotation d'une planète, d'une part, et sa densité ainsi que la vitesse de circulation de ses satellites, d'autre part, en déduit $10^h\,40^m$ pour la rotation d'Uranus (*Flammarion,* Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; t. III, 1872, p. 17).

La situation du plan de l'équateur d'Uranus n'a pas été déterminée directement. En admettant que ce plan coïncide avec celui dans lequel circulent les satellites, on a trouvé les éléments ci-dessous. N et *i* désignent la longitude du nœud ascendant et l'inclinaison sur l'orbite de la planète, N′ et *i′* les quantités correspondantes sur l'écliptique.

Valeurs attribuées aux éléments du plan de l'équateur d'Uranus.

1788. W. Herschel. (**London, PTr, 1788, 375.**)

$N = 168°0'3'',9$ $i = 99°39'48'',9$

1814. Delambre, en recalculant les observations de *W. Herschel.* (**Delambre, Ast, III, 511.**)

$N' = 171°$ $i' = 89°30'$

1815. W. Herschel, en complétant ses observations et ses calculs. (**London, PTr, 1815, 293.**)

$N = 165°30'$ (en 1798,0) $i = 101°2'$

1855. Hind, par les observations de *Lassell* sur Titania et Oberon. (**London, MNt, XV, 48.**) Moyenne :

$N' = 165°27',5$ (le 10 nov. 1852) $i' = 100°34'$

1872. Von Asten, par les observations de *Lamont, O. Struve* et *Lassell* & *Marth.* (**Saint Pétersbourg, Mém, XVIII, n° 5, p. 26.**) Moyenne :

$N' = 166°52',8$ (en 1870,0) $i' = 98°37',2$

1875. Newcomb, par les observations des satellites à Washington, en 1874-1875. (**Washington, Obs$_2$, 1873, app, I, part. j, p. 41.**)

$N' = 165°28',8$ (en 1850,0) $i' = 97°51',0$

§ 279. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE ET SPECTROSCOPIQUE.

Uranus est aisément visible à l'œil nu (**Unt, XI, 1857, 525; WfA, XVII, 1874, 208**). *Tebbutt* fait remarquer qu'à l'époque présente, ses oppositions tombent dans des portions de l'orbite de plus en plus voisines du périhélie, tellement que la planète semble augmenter d'éclat (Journal and proceedings of the Royal Society of New South Wales, 8°, Sydney; vol. XII, 1879, p. 220). Il attribue à Uranus, dans ses oppositions actuelles, la magnitude 5, 5 (ibid., vol. XIII, 1880).

Zöllner, en employant son photomètre, a trouvé (Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 150, 152)

$$♅ = \frac{1}{8\,486\,000\,000\,000} \times \text{Soleil},$$

et la magnitude de la planète . . . 5,46. Il en fixe l'albedo (ibid., p. 165, 299) à 0,640 6.

Le spectre d'Uranus a été étudié par

Secchi, dans **Paris, Crh, LXVIII, 1869, 761.** — Exposé en allemand dans **Leipzig, Vjh, IV, 1869, 165.** Puis, postérieurement, dans le Bullettino dell'Osservatorio del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. XIII, 1874, p. 98. — Reproduit : **Spettr. ital., Mem, III, 1874, 115.**

Huggins, dans **London, Pro, XIX, 1871, 488.** — Reproduit: **PMg_4, XLII, 1871, 225**

H. C. Vogel, dans **Bothkamp, Beo, I, 1872, 70.** Plus tard, dans **APC_1, CLVIII, 1876, 469.**)

§ 280. CONDITION PHYSIQUE.

On ne peut indiquer qu'un bien petit nombre d'observations, qui portent sur l'état physique d'Uranus. Nous renverrons cependant aux notices suivantes :

2742. **Webb, T. W.** Notes on Uranus. The Intellectual observer, a review of natural history, 8°, London; vol. III, 1863, p. 123.

2743. **Noble, W.** Note on the colours of Uranus. **London, MNt, XXXV, 1875, 304.**

§ 281. SATELLITES : DÉCOUVERTE, VISIBILITÉ, DIMENSIONS.

Les noms par lesquels on désigne les satellites d'Uranus ont été fournis par *J_1. Herschel* (**ANn, XXXIV, 1852, 327**).

Les deux satellites extérieurs, Titania et Oberon, ont été aperçus par *W. Herschel,* le 11 janvier 1787 (**London, PTr, 1787, 125**). Les deux satellites intérieurs, Ariel et Umbriel, ont été découverts par *Lassell,* le 24 octobre 1851 (**London, MNt, XI, 1851, 248**). Suivant *Holden,* Umbriel a peut-être été vu par *W. Herschel* les 18 et 20 janvier 1790, et presque certainement le 17 avril 1801 (Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington; vol. XX, 1881, app. IV, p. iij, iv, v). *O. Struve* doit l'avoir vu les 1er novembre et 10 décembre 1847 (ibid., p. vj). *Holden* pense encore qu'Ariel était un des satellites vus par *W. Herschel* le 27 mars 1794 (ibid., p. iv), et que *Lassell* l'avait observé en 1847, les 14 et 27 septembre et 6 novembre (ibid., p. vj).

Voici les magnitudes de ces satellites, d'après différents astronomes.

	Newcomb. (Washington, Obs$_2$, 1875, app. I.)	*H. C. Vogel.* (ANn, LXXXVII, 1876, 49.)	*Pickering.* (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 10.)
Ariel	16	»	»
Umbriel	16,5	»	»
Titania	»	13,5	14,25
Oberon	»	14	14,41

Les diamètres des deux satellites extérieurs, à la distance moyenne d'Uranus au Soleil, ont été évalués photométriquement par *Pickering* (Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 10) :

Titania . . . . 0",068
Oberon 0,063

§ 282. SATELLITES : ÉLÉMENTS ET TABLES.

Nous désignons par L la longitude à l'époque, par L' cette longitude comptée du nœud ascendant sur l'écliptique, par T la durée de la révolution périodique, par a le rayon de l'orbite du satellite, vu à la distance moyenne d'Uranus au Soleil, par τ l'instant du passage par le nœud ascendant sur un plan parallèle à l'équateur terrestre, enfin par τ' le passage par le nœud ascendant sur l'écliptique.

I. Ariel.

1853. Lassell. (London, MNt, XIII, 148. — Comparez : ANn, XXXVI, 187.)

T = 2j,520 378

1875. Newcomb. (Washington, Obs$_2$, 1873, app., part. i.)

L′ 1872,00 t. m. Washington. . . 15°,90 $a = 13'',78$
T = 2j,520 383

II. Umbriel.

1853. Lassell. (London, MNt, XIII, 148. — Comparez : ANn, XXXVI, 187.)

T = 4j,144 537

1875. Newcomb. (Washington, Obs$_2$, 1873, app., part. i.)

L′ 1872,00 t. m. Washington. . . 130°,59 $a = 19'',20$
T = 4j,144 181

III. Titania.

1787. W. Herschel, première détermination. (London, PTr, 1787, 125.)

T = 8j,705 741

1815. W. Herschel, valeur définitive. (London, PTr, 1815, 293.)

T = 8j,705 614 8

1835. J$_1$. Herschel, en liant ses observations à celles de *W. Herschel.* (London, MAS, VIII, 17.)

T = 8j,705 918 τ' = 1787, 46j 0h 10m t. m. Greenwich.

1840. Lamont, en liant ses observations à celles de *W. Herschel.* (London, MAS, XI, 56.)

T = 8j,705 886 τ' = 1837, sept. 27j 8h 38m t. m. Paris.
$a = 31'',55$

1849. Adams, en combinant les observations de *W. Herschel*, de *J$_1$. Herschel*, de *Lamont* et de *Lassell.* (London, MNt, IX, 160.)

T = 8j,705 843 5

1855. Hind, d'après les observations de *Lassell.* (London, MNt, XV, 48.)

$a = 33'',88$

1857. Lassell & Marth, par leurs observations. (**London, MNt, XVII, 175.**)

$T = 8^j{,}705\ 852$

1872. Von Asten, d'après les observations de *O. Struve,* de 1847-1849 et de 1870-1871, combinées avec celles de *Lamont,* de *Lassell* et de *Marth.* (**Saint Pétersbourg, Mém, XVIII, n° 5, p. 20, 26.**)

$T = 8^j{,}705\ 907\ 1$ $\tau = 1870$, mars $30^j{,}185$ t. m. Poulkova.
$a = 32'',085$ d'après les mesures de *O. Struve,*
$31{,}098$ — *Lassell,*
$33{,}16$ — *Marth.*

1875. Copeland, d'après les observations de *L. of Rosse.* (**London, MNt, XXXV, 303.**)

$a = 30'',696$

1876. Newcomb, par les observations de Washington. (**Washington, Obs₂, 1873, app., part. I.**)

L′ 1872,00 t. m. Washington. . . 224°,00 $a = 31'',43$
$T = 8^j{,}705\ 897$

IV. Oberon.

1787. W. Herschel, première détermination. (**London, PTr, 1787, 125; 1788, 364.**)

$T = 13^j{,}461\ 323$ $a = 44'',23$

1815. W. Herschel, valeur définitive. (**London, PTr, 1815, 293.**)

$T = 13^j{,}464\ 572$

1835. J_1. Herschel, en liant ses observations à celles de *W. Herschel.* (**London, MAS, VIII, 23.**)

$T = 13^j{,}463\ 340$ $\tau' = 1787$, $6^j\ 0^h 28^m$ t. m. Greenwich.

1840. Lamont, en liant ses observations à celles de *W. Herschel.* (**London, MAS, XI, 58.**)

$T = 13^j{,}463\ 263$ $\tau' = 1837$, $269^j{,}360$ t. m. Paris.
$a = 40'',07$

1849. Adams, en combinant les observations de *W. Herschel, J_1. Herschel, Lamont* et *Lassell.* (**London, MNt, IX, 160.**)

$T = 13^j{,}463\ 139$

1855. HIND, d'après les observations de *Lassell* & *Marth*, à Malte, en 1852. (**London, MNt, XV, 48.**)

$a = 45'',20$

1857. LASSELL & MARTH. (**London, MNt, XVII, 175.**)

$T = 13^j,462\ 141$

1872. VON ASTEN, d'après les observations de *O. Struve*, combinées avec celles de *Lamont*, de *Lassell* et de *Marth*. (**Saint Pétersbourg, Mém, XVIII, n° 5, p. 20, 26.**)

$T = 13^j,463\ 276\ 6$ $\tau = 1870$, avril $1^j,694\ 9$ t. m. Poulkova.
$a = 42'',188$ d'après les mesures de *O. Struve*,
41,845 — *Lassell*,
43,295 — *Marth*.

1875. COPELAND, d'après les mesures de *L. of Rosse*. (**London, MNt, XXXV, 303.**)

$a = 41'',547$

1876. NEWCOMB, par les observations de Washington. (**Washington, Obs$_2$, 1873, app., part. I.**)

L′ 1872,00 t. m. Washington. . . 148°,90 $a = 42'',09$
$T = 13^j,463\ 269$

Toutes ces orbites ont été calculées dans l'hypothèse du cercle, et dans celle d'un plan de circulation commun.

Newcomb a donné des tables de Titania et d'Oberon (**Washington, Obs$_2$, 1873, app. I**). *Marth* publie des éphémérides des satellites dans le recueil périodique **ARr**; il indique les moments de leurs conjonctions mutuelles apparentes (**London, MNt, XLI, 1881, 154**).

CHAPITRE XX.

NEPTUNE.

---

§ 283. DÉCOUVERTE.

Bientôt après la découverte d'Uranus, il parut, dans les Annalen der Physik de *Gilbert*, une note anonyme, où l'on se représentait, sous le nom d'Ophion, une planète extérieure à celle d'*Herschel* (**AdP, XI, 1802, 482**). Cette spéculation passa inaperçue. Mais, en 1821, *A. Bouvard* fit la remarque que les mouvements d'Uranus annonçaient l'existence d'une planète perturbatrice extérieure (*Bouvard, A.,* Tables astronomiques, contenant les tables de Jupiter, de Saturne et d'Uranus, 4°, Paris, 1821 ; introd., p. xv).

La recherche des éléments de la planète troublante fut exécutée, d'après les perturbations observées dans la planète troublée, par

2744. Le Verrier, U. J. Recherches sur les mouvements de la panète d'Herschel. **CdT, 1849, 3.**

Dans ce travail, imprimé dans la seconde moitié de 1846, l'illustre astronome arrive, pour la planète extérieure à Uranus, aux éléments ci-dessous :

Demi-grand axe	36,154
Révolution sidérale.	217ans,387
Longitude moyenne le 1er janvier 1847.	318°47′
— du périhélie.	284 45
— du nœud ascendant	156 0
Inclinaison.	6 0
Excentricité.	0,107 61
Masse, celle du Soleil étant l'unité	$\frac{1}{9\,300}$

Adams terminait presque en même temps un travail analogue, mais moins développé :

2745. Adams, J. C. An explanation of the observed irregularities in the motion of Uranus. **London, MAS, XVI, 1847, 427.** — Reproduit : **NAl, 1851, 265.** Et en français : **JdM$_3$, II, 1876, 5.**

Les éléments auxquels arrivait le géomètre anglais étaient :

Demi-grand axe	37,25
Révolution sidérale	227ans.323
Longitude moyenne le 1er octobre 1846	323° 2′
— du périhélie.	299 11
Excentricité.	0,120 62
Masse, celle du Soleil étant l'unité	$\frac{1}{6\,665,3}$

On ne peut pas mettre en parallèle avec ces grandes recherches, le calcul des perturbations d'Uranus par Neptune, exécuté par *Peirce* (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8° Boston; vol. I, 1848, p. 332), après la découverte de Neptune, et lorsque *S. C. Walker* avait déjà déterminé, d'après l'observation directe, les éléments de la nouvelle planète.

Guidé par les premières communications manuscrites d'*Adams*, *Challis* avait entrepris, à Cambridge, dans l'été de 1846, la recherche de la planète extra-uranienne (**London, MAS, XVI, 1847, 415**). Il l'observa, en effet, les 4 et 12 août de cette année (**London, MNt, VII, 1847, 148, 243**). Mais comme il ne réduisait pas immédiatement ses observations, il ne reconnut pas la planète.

Le Verrier ayant communiqué, en septembre, à l'Observatoire de Berlin, la position qu'il assignait à la planète perturbatrice d'Uranus, *Galle* se mit en devoir de chercher cet astre au ciel, et le trouva dès le premier soir, 23 septembre 1846, grâce à l'emploi de la carte de l'Académie de Berlin, pour l'heure XXI, dont l'Observatoire possédait les exemplaires, non encore distribués au dehors (**Berlin, Ber, 1847, 144.** — Comparez : **London, MNt. VII, 1847, 153**).

Il résulte d'un récit fait par *d'Arrest* à *Dreyer,* et que celui-ci a publié récemment, que *Galle* n'était pas seul pour faire cette observation, circonstance qu'il a du reste reconnue (**ANn, LXXXIX, 1877, 349**). *D'Arrest* suivait, sur la carte de l'heure XXI, les configurations d'étoiles que *Galle* décrivait de vive voix à la lunette, et ce fut lui qui arrêta son collègue, à l'étoile de 8e magnitude qui ne se trouvait pas marquée (*Dreyer,* dans Copernicus, an international journal of astronomy, 4°, Dublin; vol. II, 1882, p. 63).

Bientôt après la découverte de la planète, on reconnut qu'indépendamment des observations de Cambridge dont nous avons parlé, l'astre avait encore été observé, sans que son mouvement fût reconnu, par *M. J. J. de Lalande,* les 8 et 10 mai 1795 (*Lalande, J. J. de,* Histoire céleste française, 4°, Paris, 1801; p. 158. — Comparez : **Paris, Crh, XXIV, 1847, 529, 667**), et par *Lamont,* dans ses zones, le 25 octobre 1845, le 7 et le 11 septembre 1846 (**London, MNt, X, 1850, 42; XI, 1851, 11**).

Le nom de Neptune paraît pour la première fois en janvier 1847 (**ANn, XXV, 1847, 159**). Il avait été proposé dans une séance du Bureau des Longitudes de France (ibid., p. 238), apparemment par *Arago.*

On a publié de nombreuses notices historiques sur la découverte de la planète extra-uranienne. Nous allons mentionner les plus importantes.

2746. Airy, G. B. Account of some circumstances historically connected with the discovery of the planet exterior to Uranus. London, MAS, XVI, 1847, 385. — Aussi : London, MNt, VII, 1847, 121.

2747. Biot, J. B. Précis de l'astronomie planétaire, écrit à l'occasion de la découverte de M. Le Verrier; 8°, Paris, 1847.

Ce travail est repris d'une suite d'articles du Journal des Savants, intitulés : Sur la planète nouvellement découverte par M. Le Verrier comme conséquence de la théorie de l'attraction. JdS_3, 1846, 577 ...; 1847, 18 ....

2748. Lindenau, B. von. Beitrag zur Geschichte der Neptuns-Entdeckung. ANn, Erg, 1849, 1, 235.

2749. Gould, B. A. Report on the history of the discovery of Neptune; 8°, Washington, 1850.

Annexe au volume pour 1850 des Annual reports of the Board of regents of the Smithsonian Institution; 8°, Washington.

2750. Smyth, W. H. Story of the new planet Neptune. Dans son Cycle of celestial objects continued, 4°, London, 1860; p. 405.

2751. Mädler, J. H. Die Entdeckung des Neptun. Dans ses Reden und Abhandlungen, 8°, Berlin, 1870; p. 160.

§ 284. MOUVEMENTS ET TABLES.

Les premiers éléments calculés de Neptune furent immédiatement d'une certaine précision, à cause des observations de 1795 qu'on avait trouvées. Ces premiers éléments furent établis par *Adams* (London, MNt, VII, 1847, 269), et par *S. C. Walker*, qui améliora successivement ses nombres (Proceedings of the American philosophical Society, 8°, Philadelphia; vol. IV, 1847, p. 332, 339; Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. I, 1848, p. 146, 285, 331; Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. II, 1851, n° 1).

Voici les systèmes d'éléments les mieux déterminés, qui résultent des recherches récentes.

La lettre t représente le nombre d'années juliennes écoulées à partir de l'époque.

1856. KOWALSKI. (Sborniki outschenikhi statei napisannikhi professorami kazanskago universiteta, 8°, Kazani; vol. I, p. 97.)

Époque 1850, janv. 1j,0 t. m. Greenwich.

Longitude moyenne	334°36′ 29″,78	+ 7 875″,993 t,
— du périhélie	50 16 59,08	+ 51,014 t,
— du nœud ascendant	130 7 45,50	+ 39,615 t,
Inclinaison	1 47 0,89	— 0,346 t,
Demi-grand axe	30,033 86	
Excentricité	0,009 173 6	+ 0,000 000 055 8 t.

1867. NEWCOMB. (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington, vol. XV, n° 2, p. 76, 59.)

Epoque 1850, 00 t. m. Greenwich.

Longitude moyenne	335° 5′ 38″,91	+ 7 864″,935 4 t,
— du périhélie	43 17 30,3	+ 52,20 t,
— du nœud ascendant	130 7 51,2	+ 39,74 t,
Inclinaison	1 47 1,67	— 0,329 t,
Demi-grand axe	30,070 55	
Excentricité	0,008 496 2	+ 0,000 000 038 76 t.

1877. LE VERRIER. (Paris, MOb, XIV, II, 42,43.)

Époque 1850,00 t. m. Paris.

Longitude moyenne	334°33′ 28″,89	+ 7 915″,898 25 t,
— du périhélie	45 59 43,1	+ 51,126 75 t,
— du nœud ascendant	130 6 25,1	+ 39,563 06 t,
Inclinaison	1 47 2,13	— 0,345 70 t,
Demi-grand axe	29,927 88	
Excentricité	0,008 964 25	+ 0,000 000 056 72 t.

Les inégalités du mouvement de Neptune sont calculées par ces trois auteurs, dans les recueils qui viennent d'être indiqués. Voyez au reste sur ce point :

2752. **Kowalski, M.** Recherches sur les mouvements de Neptune. Sborniki outschenikki statei, déjà cité, 8°, Kazani; vol. I, 1856, p. 97.

Avec des tables de cette planète, p. 207. Ce travail, y compris les tables, a été tiré à part.

2753. **Gyldén, J. A. H.** Beräkning af en teori for planeten Neptunus; 4°, Helsingfors, 1861.

2754. **Lehmann, W.** Säcularstörungen des Neptuns. **ANn, LX, 1863, 294.**

2755. **Newcomb, S.** An investigation of the orbit of Neptune. Smithsonian contributions to knowlegdge, 4°, Washington; vol. XV, 1867, n° 2.

Suivi de tables de Neptune.

2756. **Le Verrier, U. J.** Théorie de Neptune. **Paris, MOb, XIII, I, 1876, 201.**

Avec des tables de la planète, **ibid., XIII, II, 1877, 1, [1].**

§ 285. DIMENSIONS.

Les premières mesures du diamètre de la nouvelle planète, prises en 1846 par *Encke* et *Galle*, donnaient de 2″,2 à 2″,9 (**ANn, XXV, 1847, 51**).

Les mesures suivantes sont réduites à la distance moyenne de Neptune au Soleil.

Valeurs attribuées au diamètre de Neptune.

1846. Laugier, avec le micromètre bi-réfringent. (**Paris, ABl, 1865, 57.**).	2″,60
1846. Main, au micromètre à double image (**Greenwich, Obs, 1846, 119.**).	4,56
1847. Hind. (**ANn, XXV, 96.**).	2,47
1847. Challis. (**ANn, XXV, 106.**)	2,99
1847. Mädler. (**ANn, XXV, 107, 232.**).	2,40
1853. Lassell. (**ANn, XXXVI, 97.**)	2,713
1867. Lassell & Marth (**London, MAS, XXXVI, 37**); réduit par *Winnecke*. (**Leipzig, Vjh, III, 1868, 258.**)	2,239
1872. Kaiser, au micromètre à double image. (**Leiden, ASt, III, 273.**). .	2,87

§ 286. MASSE.

La masse du système de Neptune est rapportée, dans ce qui suit, à celle du Soleil prise pour unité.

Valeurs attribuées à la masse du système de Neptune.

1847. O. Struve, par le satellite. (**Paris, Crh, XXV, 813.**)	$\frac{1}{13866}$
1848. Peirce, par les perturbations d'Uranus. (**ANn, XXVII, 203.**) . .	$\frac{1}{20000}$

1848. Peirce, par les observations du satellite de *Lassell* et de *W. C. Bond* & *G. P. Bond.* (London, MNt, VIII, 128.).	$\frac{1}{18\,780}$
1849. Adams, par les mêmes observations et celles de *O. Struve.* (London, MNt, IX, 205.)	$\frac{1}{17\,900}$
1850. A. Struve, par les observations du satellite de *O. Struve,* 1847-1848. (Dorpat, Beo, XIII, 1856, Anh., 24.)	$\frac{1}{14\,491}$
1851. G. P. Bond, par ses observations du satellite en commun avec *W. C. Bond.* (ANn, XXXI, 38.).	$\frac{1}{19\,400}$
1855. Hind, d'après les observations de *Lassell* sur le satellite, à Malte, en 1852. (London, MNt, XV, 47.)	$\frac{1}{17\,135}$
1862. Safford, par les perturbations d'Uranus. (London, MNt, XXII, 145.).	$\frac{1}{20\,039}$
1874. Newcomb, par les perturbations d'Uranus. (Smithsonian contributions to knowlegde, 4°, Washington; vol. XIX, p. 175.) . . .	$\frac{1}{19\,700}$
1875. Newcomb, par les observations de Washington sur le satellite, en 1873-1874. (Washington, Obs.₂, 1875, app. I, part. ij, p. 65.).	$\frac{1}{19\,380}$
1876. Holden & Hall, par les observations du satellite à Washington, en 1874-1876. (ANn, LXXXVIII, 186.)	1/18 [illegible]20

§ 287. ROTATION, PHOTOMÉTRIE, SPECTROSCOPIE.

La rotation de Neptune n'a pu être observée jusqu'ici. *Flammarion,* partant du rapport qu'il croit exister entre la durée de la rotation d'une planète d'une part et sa densité ainsi que la vitesse de circulation de ses satellites d'autre part, l'estime à $10^h\,58^m$ (*Flammarion,* Études et lectures sur l'astronomie, 12°, Paris; t. III, 1872, p. 17).

Galle, le jour de la découverte de Neptune, avait attribué à cette planète la 8[e] magnitude (plus haut § 283). *Grünewald* l'élève à la 7[e] (Unt, XI, 1857, 15). *H. C. Vogel* s'est occupé de l'aspect physique de cette planète (Bothkamp, Beo, I, 1872, 102).

Sous le rapport photométrique, *Zöllner,* faisant usage de son photomètre polariseur, trouve (Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865; p. 150, 152, 165),

$$♆ = \frac{1}{79\,620\,000\,000\,000} \times \text{Soleil},$$

et l'albedo de cette planète . . . 0,464 8.

Il y a des descriptions du spectre de Neptune par

Secchi, dans **Paris, Crh, LXIX, 1869, 1050.**

H. C. Vogel, dans **Bothkamp, Beo, I, 1872, 71.** — Travail repris et développé dans **APC$_1$, CLVIII, 1876, 471.**

§ 288. ANNEAU.

Lassell avait cru découvrir, le 3 octobre 1846, un anneau autour de Neptune (**London, MNt, VII, 1847, 157**). *Challis* et son assistant *Morgan* signalèrent, en 1847, un aspect analogue, et donnaient à l'anneau une fois et demie le diamètre du disque (**ANn, XXV, 1847, 251, 310**). Mais il s'agissait apparemment d'un anneau factice, produit par interférence, car ces observations n'ont pas été confirmées.

§ 289. SATELLITES.

L'existence d'un satellite est certaine. Ce petit corps fut soupçonné par *Lassell,* le 10 octobre 1846, et affirmé par lui le 7 juillet 1847 (**London, MNt, VII, 1847, 157, 307**). Il attribue à ce faible compagnon la 14e magnitude. *Pickering,* dans ses recherches photométriques, trouve 13,82, en suivant l'échelle de *Zöllner* (**Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 10**).

Ce satellite est-il le seul que possède Neptune? Le 28 octobre 1847, *W. C. Bond* en soupçonnait un second, extérieur à celui de *Lassell* (**ANn, XXVI, 1848, 282**). Il avait déjà cru l'apercevoir trois mois auparavant (**ibid., 288**). Le 14 août 1850, *Lassell* crut distinguer, de son côté, un second satellite (**ANn, XXXI, 1851, 144**). Toutefois il abandonna par la suite l'idée que la planète ait deux compagnons, comparables entre eux pour l'éclat; mais il lui resta quelque soupçon qu'il existe un second satellite, plus faible que le premier, et très-difficile à apercevoir (**ANn, LXIII, 1865, 371**).

Nous appelons L la longitude moyenne à l'époque, T la période, Π la longitude du périneptune, a le demi-grand axe vu à la distance moyenne de la planète au Soleil, e l'excentricité, N la longitude du nœud ascendant sur l'écliptique, et i l'inclinaison de l'orbite du satellite sur le même plan.

Le déplacement de Neptune étant fort lent, il était difficile de s'assurer immédiatement du sens du mouvement de son satellite. Voici, en premier lieu, les calculs de l'orbite faits dans la supposition d'un mouvement direct.

Éléments attribués au satellite de Neptune.

1847. O. Struve, par les observations de Poulkova de 1847. (**Paris, Crh, XXV, 815.**)

L 1847, sept. $26^j 22^h 57^m$ t. m. Poulkova. . .	117°22′	$a = 17'',89$
$T = 5^j 21^h 18^m$		$e = 0?$
$N = 117°22'$		$i = 35°10'$

1848. Peirce, sur les observations de *Lassell,* combinées avec celles de *W. C. Bond* & *G. P. Bond.* (**London, MNt, VIII, 128.**)

$T = 5^j 21^h 12^m,4$	$a = 16'',5$
$N = 119°,8$	$i = 29°,9$

1849. Adams, par les mêmes observations. (**London, MNt, IX, 205.**)

$T = 5^j,875\,0$	$a = 16'',748$
$N = 120°$	$i = 30°$

1850. A. Struve, par 18 observations de *O. Struve* en 1847-1849. (**Dorpat, Beo, XIII, 1856, Anh., 21.**)

L 1847, sept. $11^j,446$ t. m. Berlin. . .	66° 56′,9	$\Pi = 356°49',7$
$T = 5^j,875\,8$		$e = 0,020\,16$
		$a = 17'',950$
$N = 299°1',3$		$i = 34°7',1$

Les éléments qui suivent supposent le mouvement rétrograde.

1851. G. P. Bond, par ses observations et celles de *W. C. Bond.* (**ANn, XXXI, 57.** — Comparez : Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. II, 1852, p. 136.)

L = 1848, oct. $30^j,37$ t. m. Greenwich. . .	180°,4	$a = 16'',5$
$T = 5^j,875\,2$		
$N = 180°,4$		$i = 149°,7$

1855. Hind, d'après les observations de *Lassell* à Malte en 1852. (**London, MNt, XV, 47.**)

L 1852, nov. $0^j,0$ t. m. Greenwich. . .	61°2′	$\Pi = 177°30'$
$T = 5^j,876\,9$		$e = 0,106\,0$
		$a = 16'',98$
$N = 175°40'$		$i = 151°0'$

1875. Newcomb, d'après les observations de Washington en 1873-1874. (**Washington, Obs$_2$, 1873, app. I, part. ij, p. 62.**)

L 1874, janv. 0^j00 t. m. Washington. . . 285°,57	$\Pi = 184°$
$a = 16'',275$	$e = 0{,}0088$
$N = 184°{,}50$	$i = 145°{,}12$

1876. Holden & A. Hall, par les observations de Washington en 1874-1876 (**ANn, LXXXVIII, 183.**)

$a = 16'',528$

D'après l'estimation photométrique de *Pickering*, le diamètre de ce satellite serait de 0'',167 (**Cambridge, Ann, XI, II, 1879, ch. 10.**)

On trouve des tables des mouvements du satellite neptunien, à la suite du travail de *Newcomb* sur l'orbite de cet astre : **Washington, Obs$_2$, 1873, app. I, part. ij.**

Marth a commencé à donner des éphémérides de ce satellite (**London, MNt, XLI, 1881, 414**).

CHAPITRE XXI.

PLANÈTE TRANS-NEPTUNIENNE.

---

§ 290. SPÉCULATIONS DIVERSES.

Il y a certaines raisons de croire que Neptune n'est pas la dernière planète de notre système. En attendant que les inégalités de son mouvement permettent de décider cette question, on s'est livré à différentes spéculations sur l'existence de l'astre extérieur.

On a cherché d'abord des données parmi les étoiles disparues des lieux où on les avait observées. Il s'en est trouvé, en particulier, une de 9ᵉ à 10ᵉ magnitude, qui a attiré un instant l'attention. Elle avait été notée, en 1850, à Washington, dans une recherche de l'astéroïde Hygiea (**AJl, II, 1852, 53, 91**). D'après ces notes, elle aurait eu un mouvement très-lent, et une distance au Soleil que *Hind* estimait à 137 (**AJl, II, 1852, 78**).

Mais il a été reconnu, plus tard, que ce prétendu déplacement reposait sur une faute d'inscription (**ANn, XCIV, 1879, 113**. — Comparez : Bulletin of the Philosophical Society of Washington, 8°, Washington; vol. III, 1880, p. 20).

D'un autre côté, on a appelé l'attention sur les indices que les comètes pourraient nous apporter de l'existence de planètes trans-neptuniennes :

2757. **Forbes, G.** On comets and ultra-neptunian planets. **Obs, III, 1880, 439.**

Cet auteur a donné encore un article sur le même sujet, intitulé : On an ultra-neptunian planet, dans les Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 8°, Edinburgh; vol. XII, 1881.

Enfin, dans ces derniers temps, il a été question d'entreprendre, d'une manière systématique, la recherche de la planète extérieure à Neptune :

2758. **Todd, D. P.** Preliminary account of a speculative and practical search for a trans-neptunian planet. **AJS_5, XX, 1880, 225.**

CHAPITRE XXII.

COMÈTES.

---

§ 291. COMÉTOGRAPHIES GÉNÉRALES.

Nous allons commencer par donner la liste des ouvrages, dans lesquels on trouvera l'indication résumée des apparitions des comètes, ainsi que la mention des sources originales où l'on peut voir les observations.

2759. **Stumpf, J.** Gemeiner löblicher Eydgenossenschafft Stetten, Landen und Völckeren Chronick wirdiger Thaaten Beschreybung; 2 part. fol., Zürych, 1548. — Réimpr. fol., Zürich, 1586; 3e édit., 1606.

L'apparition des comètes y est soigneusement mentionnée, tellement que cet ouvrage peut être regardé comme ayant ouvert la voie aux cométographies proprement dites, que nous allons citer.

2760. **Mizaldus, A.** Cometographia crinitarum stellarum quas mundus nunquam impune vidit, item catalogus cometarum usque ad annum 1540 visorum, cum portentis et eventis quae secuta sunt; 4°, Parisiis, 1549.

2761. **Lavather[us], L.** Cometarum omnium fere catalogus; 8°, Tiguri, 1556. — Réimp. 8°, Tiguri, 1587.

Traductions.

Cometen Historien, das ist Beschreibung der fürnehmsten Cometen seit Kayser Augustus (par *E. Ehinger*); 4°, Augsburg, 1618.

Historische Erzählung vast aller der Kometen bis auf 1556 (par *J. J. Wagner*); 8°, Zürich, 1681.

Dans les deux traductions allemandes, la cométographie est continuée jusqu'à la date de l'impression. L'auteur mentionne 117 comètes, depuis Auguste jusqu'en 1556.

2762. **Aretius, B.** Brevis cometarum explicatio, physicum ordinem et exempla historiarum praecipua complectens; 4°, Bernae, 1556.

2763. **Steinmetz, M.** Kurtzes Verzeichniss der vornehmsten Kometen; 4°, Leipzig, 1558.

Depuis l'origine de notre ère, jusqu'à l'époque où écrivait l'auteur.

2764. **[Philomathesis].** Kurtzer Auszug aller Cometen, aus allen Authorn, so bis auff's 1578 Jar geschrieben haben, zusammenbracht; 4°, Franckfurt a. M., 1578.

2765. **Caesius [Blaeu], G.** Catalogus omnium cometarum secundum seriem annorum; 8°, Norimbergae, 1579.

2766. **Ricciolus, J. B.** Historia cometarum 154 chronologica et astronomica, cum eventibus qui cometis tanquam causis aut signis attribui consuevere ab aliis potius quam a nobis.

Formant le liv. VIII, sect. j, ch. 3 (t. II, p. 3-23) de son Almagestum novum, 2 vol. fol., Bononiae, 1651. Cette chronologie contient 154 comètes, de — 479 à + 1651.

2767. **Letzner, J.** Beschreibung der Cometen von Anfange der Welt; 4°, Frankfurt, 1604.

2768. **Praetorius, J.** Adunatus catalogus oder ein geographischer Cometen-Extract aus allen Scribenten, deren bei 60 heraus seyn; 4°, Leipzig, 1665.

2769. **Conti, L. I.** Anatomia della cometa dell' anno 1664; 8°, Venetia, 1665.

Il y a, dans cet ouvrage, un catalogue rapide de toutes les comètes observées « dal principio del mondo » jusqu'au temps de l'auteur.

2770. **Lubienietz, S. de.** Theatrum cometicum, 2 vol. fol., Amstelodami, 1667. — Réimpr. 2 vol. fol., Lugduni Batavorum, 1681.

Cet ouvrage est la première source à consulter pour les comètes mentionnées par les auteurs grecs et latins. Il énumère 415 comètes, jusqu'en 1665.

2771. **Hevelius, J.** Cometographia sive tractatus de cometis; fol., Gedani, 1668.

2772. **Zahn, J.** Catalogi duo omnium cometarum a diluvio usque ad annum 1682

Dans le vol. I de son ouvrage : Specula physico-mathematico-historica notabilium ac mirabilium sciendorum; 3 vol. fol., Norimbergae, 1696.

2773. **Struijck, N.** Korte beschrijving van alle de comeeten.

A la suite de son ouvrage : Inleiding tot de algemeene geographie; 4°, Amsterdam, 1740. Cette histoire des comètes a été complétée par l'auteur, dans une publication intitulée : Vervolg van de beschrijving der staartsterren ; 4°, Amsterdam, 1753.

2774. **Troili, D.** Dissertazione sopra le comete. Atti dell' Accademia delle scienze di Siena detta de' Fisiocritici, 4°, Siena ; vol. III, 1767, p. 112 ; vol. IV, 1772, p. 41.

La première partie de ce travail contient l'histoire des comètes depuis l'origine de l'ère vulgaire jusqu'en 1577; la seconde partie renferme la suite, jusqu'en 1770.

2775. **[Lambert, J. H.]** Verzeichniss der Kometen.

Dans le recueil publié par la *Berliner Akademie :* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 17. Il y a dans cette liste 700 comètes.

2776. **Pingré, G.** Cométographie ou traité historique et théorique des comètes; 2 vol. 4°, Paris, 1783-1784.

2777. **Guignes, C. L. J. de.** Catalogue des comètes connues et observées par les Chinois depuis l'an 613 avant J.-C. jusqu'en 1222 après J.-C. Paris, Mpr_1, X, 1785, 39 *b*.

Ces observations ont été utilisées dans l'ouvrage de *Pingré* du n° précédent.

2778. **Hussey, T. J.** A catalogue of comets. PMg_3, II, 1833, 194...; III, 1833, 101...; IV, 1834, 29 ....

2779. **Schäfer, W.** Chronologische Sammlung der Beobachtungen und Nachrichten über das Erscheinen von Kometen und über das Wesen der Kometen; 8°, Dresden und Leipzig, 1835.

2780. **Biot, E.** Catalogue des comètes observées en Chine, depuis l'an 1230 jusqu'à l'an 1640 de notre ère. CdT, 1846, 44.

2781. **Biot, E.** Catalogue des étoiles extraordinaires [comètes] observées en Chine depuis les temps anciens jusqu'à l'an 1203 de notre ère. CdT, 1846, 60.

2782. **Hind, J. R.** A history of comets. Companion to the British Almanac of the Society for the diffusion of useful knowlegde, 12°, London; année 1859, p. 5; année 1860, p. 78.

Notices rapides sur les comètes qui ont paru depuis l'an — 10 jusqu'au VIII[e] siècle, principalement d'après les sources chinoises.

2783. **Chambers, G. F.** Comets, an account of all the comets whose orbits have not been calculated. The intellectual observer, a review of natural history, 8°, London; vol. III, 1863, p. 97 ...; vol. IV, 1864, p. 218 ...; vol. V, 1864, p. 218 ...; vol. VI, 1865. p. 151 ...; vol. VIII, 1866, p. 125 ....

2784. **Williams, J.** Observations of comets from B C 611 to A D 1640 extracted from the chinese annals, translated with remarks; 4°, London, 1871.

Les comètes, dit *Képler,* sont aussi abondantes dans l'espace céleste que les poissons dans l'océan : « nec minus aetherem cometis refertum esse puto, quam oceanum piscibus » (*Keplerus,* De Cometis libelli tres, 4°, Augustae Vindelicorum, 1619; lib. II. — Reproduit : **Keplerus, Opa, VII, 1868, 110**). L'opinion à cet égard changea plus tard, quand on eut commencé à calculer les orbites.

Ainsi, en 1740, *Struijck* (Inleiding tot de algemeene geographie, 4°, Amsterdam; addit.) ne croyait pas qu'il y eût plus d'une centaine de comètes. Mais on revint bientôt à des idées plus vraisemblables, et, en 1761, *Lambert* (Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues, 8°, Augsburg, 1761; p. 52. — Dans la traduction française de Bouillon, 1770, p. 49; dans celle d'Amsterdam, 1801, p. 85) n'est pas éloigné d'admettre qu'il faut peut-être en compter des millions.

Arago évalue à 300 000 ou 350 000 le nombre de celles qui ont leur périhélie dans une sphère tracée autour du Soleil, d'un rayon égal à l'orbe de Neptune (**Arago, Apc, II, 1855, 367**).

§ 292. NATURE DE LA TRAJECTOIRE.

La première idée qu'on se fit des comètes fut qu'il s'agissait de météores, situés dans l'atmosphère. Ce sont des exhalaisons, dit *Aristote* (*Aristoteles,* Meteorologica [G], lib. I, cap. 7, 10). Pendant longtemps l'opinion courante ne leur accordait qu'une existence passagère. On trouve encore, à la fin du XVII[e] siècle, *J. D. Cassini* partisan de la doctrine des exhalaisons (Abrégé des observations et des réflexions sur la comète qui a paru au mois de décembre 1680, 4°, Paris, 1681; p. xxxj), et

au commencement du XVIIIe, *Lahire,* qui pense que les comètes cessent d'exister lorsqu'elles disparaissent à nos yeux (**Paris, H & M, 1702, 112**).

Des idées plus justes n'avaient pas été cependant sans acquérir une certaine notoriété, même dans une assez grande antiquité. Ainsi, pour les Chaldéens, les comètes n'étaient pas des apparitions passagères; ils voyaient dans ces astres des corps qui circulent régulièrement, et qui peuvent revenir vers nous après certaines périodes (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 3). Les Égyptiens s'attendaient également à des retours périodiques de ces astres (*Diodotus Siculus,* Bibliotheca historica [G], lib. I). Chez les Grecs, les Pythagoriciens partageaient la même opinion, et pensaient aussi que les comètes reviennent après de longs intervalles (*Aristoteles,* Meteorologica [G], lib. I, cap. 6; *Plutarchus,* De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 2; *Stobaeus,* Eclogae physicae et ethicae [G], lib. I).

Anaxagore et *Démocrite* mettaient les comètes au rang des astres (*Aristoteles,* loc. cit.; *Plutarchus,* loc. cit.). *Sénèque* les regardait également comme des corps célestes (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, ch. 13). Enfin, en 1577, *T. Brahé,* se fondant sur des considérations de parallaxe diurne, affirma qu'elles se meuvent dans les espaces intra-planétaires (*Braheus,* Apologetica responsio ad cujusdam peripatetici in scolia dubia; 4°, Uraniburgi, 1591. — Comparez **Braheus, AiP, II, 1603, cap. 7**; reproduit : **Brahe, Opa, 1648, II, 85**).

Regiomontanus, parlant de la comète de 1472, suppose, par analogie, que ces astres décrivent des cercles (De torqueto, astrolabio, regula, baculo et observationibus cometarum, 4°, Norimbergae, 1544; voir le traité : De cometae magnitudine, longitudine ac loco ejus vero problemata XVI.) Il fut le premier à fixer astronomiquement les positions d'une comète (**Cas, VII, 1822, 21**). *T. Brahé* chercha expérimentalement la figure de la trajectoire. Il trouva, pour la comète de 1577, une courbe concave au Soleil, embrassant les orbes de Mercure et de Vénus, et inclinée de 29° à l'écliptique. Il assimile cette courbe à un arc de cercle (**Braheus, AiP, part. II, 1603, 194**. — Reproduit : **Brahe, Opa, 1648, II, 137**).

Képler cependant ne voyait pas de raison suffisante pour attribuer aux comètes une trajectoire qui ne fût pas rectiligne (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. 10. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 340**). En 1619, ce grand astronome disait encore (De cometis, 4°, Augustae Vindelicorum; lib. I, p. 26. — Reproduit : **Keplerus, Opa, VII, 1868, 106**) que la trajectoire d'une comète pouvait être assimilée à une droite. *Galilée* avait partagé la même erreur (*Galilei,* Il saggiatore, 4°, Roma, 1623; p. 26-136. — Reproduit : **Galilei, Ope, IV, 1844, 177-284**).

Cependant, c'était en s'inspirant du travail de *Képler* sur l'orbite de Mars, que *W. Lowër* écrivait à *Harriot,* en février 1610, que les trajectoires des comètes pourraient bien être elliptiques (*Rigaud,* Supplement to Bradley's miscellaneous works, 4°, Oxford, 1833; p. 45. [*]) *Longomontanus* fit prévaloir l'idée de trajectoires cur-

---

[*] *Von Zach* avait à tort attribué cette lettre, dont il n'a connu qu'un fragment, à *Percy of Northumberland* (**MCz, VIII, 1803, 47**).

viligues (Astronomia danica, 4°, Amsterodami, 1622; append., cap. 3). Toutefois, en 1668, *Hevelius* (Cometographia, fol., Gedani; p. 666) n'était encore arrivé qu'à se convaincre de la courbure plus ou moins parabolique des trajectoires cométaires, et de leur concavité vers le Soleil; mais, dans ses idées, celui-ci n'était même pas nécessairement dans le plan de l'orbite de l'astre.

La question fut enfin éclaircie. *Borelli* avait fait paraître, en 1665, sous un pseudonyme, un petit traité, dans lequel il montrait qu'une parabole, ayant le Soleil au foyer, représentait fort bien la marche de la comète de 1664 (*Mutoli*, Del movimiento della cometa apparsa il mese di decembre 1664; 4°, Firenze, 1665. — Comparez *von Zach*, dans **ZfA, III, 1817, 379**). Il ne restait plus qu'à faire de cet énoncé un principe général.

Madeweis et *Doerfel* y arrivèrent presque ensemble. Le premier l'exposa dans son ouvrage :

2785. **Madewisius, F.** De sidere crinito, anno 1680, mense novembri et sequentibus observato; 4°, Berolini, 1681.

Le second le formula dans un travail provoqué par la même comète, après l'avoir appliqué à cet astre avec succès :

2786. **Doerfel, G. S.** Astronomische Beobachtungen des grossen Kometen 1680-81; 4°, Plauen, 1681.

Newton démontra ensuite que, dans la loi d'attraction inverse au carré de la distance, les courbes décrites sont seulement assujetties à appartenir au second degré (**Newtonus, PPm, lib. I, prop. 10-13**). Nous avons donné au chap. IV, § 96-102, l'indication des méthodes employées pour le calcul des éléments des comètes.

On peut diviser les comètes en deux classes : celles qui n'ont été vues qu'une fois, et celles qui ont été observées dans plus d'une apparition. Ces dernières sont les seules dont la périodicité soit irrévocablement constatée.

Parmi les premières, il en existe bien un certain nombre qui, d'après les éléments calculés, paraissent périodiques. Mais il est souvent si difficile de déterminer l'étendue de l'ellipse, ou même de décider de la fermeture de la courbe, d'après un petit arc héliocentrique, qu'il faut se défier de toute période qui n'a pas été contrôlée par le retour de l'astre.

Nous allons, en conséquence, parler d'abord des comètes observées dans une seule apparition, quelles que soient les courbes qu'on leur a trouvées.

§ 293. COMÈTES CALCULÉES D'APRÈS UNE APPARITION.

Les éléments calculés des comètes ont été rassemblés, depuis les premières déterminations de *Halley,* dans des tableaux, qui se sont successivement étendus à mesure que le nombre des comètes calculées s'est accru. Voici la liste de ces tableaux synoptiques.

2787. **Halleius, E.** Astronomiae cometicae synopsis. **London, PTr, 1705, 1882.**

Réimp. : vol. I des Miscellanea curiosa, 3 vol. 8°, Londini, 1708; à la fin de *D. Gregorius,* Astronomiae physicae et geometricae elementa, 2 vol. 4°, Genevae, 1726; dans *Le Monnier,* La théorie des comètes, 8°, Paris, 1743; à la suite des Tabulae astronomicae de *Halley,* 4°, Londini, 1749; enfin dans les Cosmologische Briefe de *Lambert,* 1761 (voir plus loin n° 2812), et dans les différentes traductions de cet ouvrage.

2788. **Lalande, J. J. de.** Éléments des comètes calculées. **Lalande, Ast_2, III, 1771, 366.** — Réimpr. avec additions : **Lalande, Ast_3, III, 1792, 256.**

2789. **Olbers, W.** Bestimmungstücke der Bahn aller bisher berechneten Cometen.

A la fin de son Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen zu berechnen; 8°, Weimar, 1797. Cette table est reprise avec continuation dans les éditions postérieures du même ouvrage, de 1847 et 1864 (voir § 98, n° 1261).

2790. **Delambre, J. B. J.** Tableau des éléments des comètes. **Delambre, Ast, III, 1814, 409.**

2791. **Olbers, W.** Verzeichniss aller bisher berechneten Kometenbahnen; 4°, Altona, 1823.

Reproduit dans *Schumacher,* Astronomische Abhandlungen, 3 vol. 4°, Altona; vol. I, 1823, p. 1 et vol. III, 1825, p. 93, 97.

2792. **Galle, J. G.** Cometentafel; 4°, Berlin, 1847.

C'est la table insérée par *Encke* dans la 2e édition du mémoire d'*Olbers* (voir plus haut n° 2789).

2793. Jahn, G. A. Verzeichniss aller bis zum Jahre 1847 berechneten Komethenbahnen; fol., Leipzig, 1847.

L'auteur a inséré un Nachtrag, dans Unt, IX, 1855, 205.

2794. Hind, J. R. The comets, a descriptive treatise upon those bodies; 8°, London, 1852.

Traduction.

Die Kometen (par *J. H. Mädler*); 8°, Leipzig, 1854.

2795. Cooper, E. Cometic orbits with copious notes and addenda; 8°, Dublin, 1852.

2796. Littrow, J. J. Cometen-Verzeichniss. Dans son Kalender für alle Stände, 8°, Wien; année 1855.

2797 Carl, P. Repertorium der Cometen-Astronomie; 8°, München, 1864.

2798 .Watson, J. C. Elements of the orbits of comets.

Formant la table XVIII, p. 638, de sa Theoretical astronomy; 8°, Philadelphia, 1868. — Aussi dans la 2e édit., Philadelphia, 1878.

2799. Houzeau, J. C. Table des comètes qui ont été calculées d'après une seule apparition. Bruxelles, Ann, 1877, 18. — Reproduit dans les volumes pour 1878 et 1879, et dans les Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, 4°, Bruxelles; Astronomie, vol. I, 1878, n° 2, p. 176.

2800. Loewy, M. Tableau des comètes apparues de 1871 à 1880. Paris, ABL, 1882, 172.

Nous passons sous silence des listes moins complètes, ou qui ne donnent les éléments qu'à la minute d'arc.

Le premier ouvrage à consulter, pour les comètes antérieures à 1850 ou 1860, est le Repertorium de *Carl* (ci-dessus n° 2797). Il serait à souhaiter que ce travail fût continué. On y trouve l'indication des sources pour les diverses observations de chaque comète, ainsi que les différents systèmes d'éléments calculés.

L'article de *Loewy* (voir n° 2800) mentionne les sources d'une manière sommaire, et peut rendre des services pour les recherches, bien qu'il soit sur un plan moins développé. Il ne s'étend d'ailleurs qu'à dix années.

Valeurs attribuées aux éléments des orbites des comètes, calculées d'après une seule apparition.

Dans le tableau qui suit, l'instant du passage au Périhélie est donné en temps moyen de Paris compté de midi. Les dates avant l'ère vulgaire sont affectées du signe —, et comptées à la manière des astronomes.

La longitude du Périhélie et celle du Nœud ascendant sont rapportées à l'équinoxe moyen du 1er janvier de l'année du passage par le Périhélie.

L'inclinaison est mesurée sur l'écliptique de la même époque.

Dans la colonne du Sens du Mouvement, les lettres D et R désignent respectivement le sens *direct* et le sens *rétrograde.*

La distance du Périhélie au Soleil est exprimée en prenant le rayon moyen de l'orbite terrestre pour unité.

L'excentricité 1 indique qu'on n'a point calculé cet élément, mais qu'on a admis l'hypothèse d'une *parabole.* Les excentricités moindres que l'unité se rapportent à des *ellipses,* qui sont par conséquent fermées, et dans lesquelles on a pu évaluer la durée de la révolution. Les excentricités plus grandes que l'unité indiquent des courbes ouvertes *hyperboliques.*

La durée de la révolution lorsqu'elle a pu être calculée, est donnée en années et fractions d'années. Elle est presque toujours d'autant moins sûre que la période est plus longue.

Depuis qu'on cherche les comètes avec le télescope, il a été facile d'indiquer le nom de l'astronome qui a, le premier, aperçu l'un de ces astres. Lorsqu'on remonte plus haut, on doit souvent se contenter de l'indication du pays où l'astre a été vu d'abord.

La durée des observations, portée dans l'avant-dernière colonne, n'est pas nécessairement la durée totale de la visibilité de l'astre; c'est l'intervalle qu'embrassent les observations sur lesquelles on s'est appuyé pour calculer l'orbite.

Nous désignerons les différentes comètes de ce tableau par la date du passage au périhélie.

Il n'est pas absolument certain que ces comètes soient toutes essentiellement distinctes. Il y a lieu, au contraire, de soupçonner l'identité de quelques-unes d'entre elles.

Ainsi, pour procéder par ordre chronologique, il y a une certaine probabilité que

les comètes 961 décembre 30, 1558 août 10 et 1854 juin 22, soient un seul et même astre, ayant 296 à 298 ans de période.

On remarque une ressemblance assez manifeste entre les éléments de la comète 1231 janvier 30 et ceux de la comète 1746 février 15.

La comète 1362 mars 2 n'est apparemment pas différente de celle 1855 mai 29, dont la période paraît d'un peu plus de 14 ans.

La comète 1490 avril 24 paraît avoir été une apparition de 1840 novembre 13. L'intervalle entre ces dates diffère à peine de la révolution calculée à la seconde de ces époques.

La comète 1668 février 24 et celle 1695 novembre 9 ont été regardées comme d'anciennes apparitions de la comète 1843 février 27 et 1880 janvier 27. En admettant toutes ces identités, il faudrait que la révolution fût seulement de 9 $\frac{1}{4}$ ans. Mais si l'on se bornait aux trois passages de 1695, 1843 et 1880, la période pourrait être étendue à 37 ans à peu près, et il n'y aurait pas eu de retour dans l'intervalle de 1843 à 1880.

On regarde généralement, avec *Le Verrier* (Paris, Crh, XXV, 1847, 917, 945), la comète 1678 août 18 comme une ancienne apparition de 1844 septembre 2. Il faut cependant noter que cette comète, connue plus particulièrement sous le nom de comète de Vico, aurait dû, d'après le calcul, revenir tous les 5 $\frac{1}{2}$ ans environ, mais qu'elle n'a jamais été revue. *Brünnow* ne croit pas que l'astre observé une seule nuit par *H. Goldschmidt*, le 16 mai 1855, soit, comme on l'avait avancé, une réapparition de la comète de Vico (ANn, XLI, 1855, 287).

La comète 1743 janvier 8, à laquelle *Clausen* trouve une période d'un peu plus de 5 ans, d'après 12 jours seulement d'observation, serait identique, suivant cet astronome (ANn, X, 1833, 345), à 1819 novembre 20, à laquelle *Encke* trouve aussi à peu près cinq ans de révolution. Il y aurait eu, entre ces deux dates, une vingtaine de retours inaperçus; l'astre serait revenu une douzaine de fois depuis 1819, sans être revu.

La comète 1770 août 14, connue aussi sous le nom de comète de *Lexell,* parce que ce géomètre avait reconnu l'ellipticité de son orbite et la courte durée de sa révolution (Petropolis, Act, 1777, I, 332), a passé près de Jupiter avant et après son apparition. Son orbite a été alors fortement changée. Il résulte des recherches de *Le Verrier* (Paris, Crh, XXV, 1847, 561, 917) que les comètes de Faye, de Brorsen et de Vico [1844 septembre 2] ne peuvent être des réapparitions de l'astre de Lexell, qui jusqu'ici ne semble pas avoir été revu.

Les trois comètes 1771 avril 19, 1819 novembre 20 et 1881 septembre 13 ne sont probablement qu'un seul et même astre. La période serait-elle de 4 $\frac{3}{4}$ ans?

La comète 1790 mai 20 ressemble par ses éléments à celle 1825 mai 30, pour laquelle il serait désirable qu'on calculât une orbite elliptique.

Les comètes 1827 juin 7, 1852 avril 19 et 1877 avril 17 paraissent être identiques, avec une période d'environ 25 ans.

Toutefois ces différentes identités ne pourront être définitivement constatées que par de nouveaux retours, arrivant aux époques voulues.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Vieux style.)		LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
—136. Avril.	29^{j}	202°	192°	20°	R.	1,01
— 68. Juillet		288	138	70	D.	0,80
178. Septembre . .		290	190	18	D.	0,5
240. Novembre. . .	10 0^{h}	271	189	44	D.	0,372
565. Juillet	14 12	80	159 30′	59	R.	0,831 76
568. Août	29 7 $55^{m}12^{s}$	318 55′	294 15	4 8′	D.	0,907 390
574. Avril	7 6 52 34	143 39	128 17	46 31	D.	0,962 9
770. Juin	6 14 15 22	357 7	90 59	61 49	R.	0,642 191
837. Mars.	1	289 3	206 33	10 ou 12	R.	0,58
961. Décembre. . .	30 3 59 46	268 3	350 35	79 33	R.	0,551 9
989. Septembre . .	12	264	84	17	R.	0,568 5
1006. Mars.	22	304 ou 305	38	17 30	R.	0,583 50
1092. Février	15 0	156 20	125 40	28 55	D.	0,928 1
1097. Septembre . .	21 21 36	332 30	207 30	73 30	D.	0,738 45
1231. Janvier . . .	30 7 22	134 48	13 30	6 5	D.	0,947 8
1264. Juillet	25 4 48	309 59	139 39	16 21	D.	0,888 4
1299. Mars	31 7 38	3 30	107 8	68 57	R.	0,317 93
1337. Juin	15 1 55 22	2 20	93 1	40 28	R.	0,828 23
1362. Mars.	2 8	227	237	32	R.	0,470 05
1366. Octobre . . .	13	59	205	6	D.	0,958 08
1385. Octobre. . . .	16 6 23 46	101 47	268 31	52 15	R.	0,773 75
1402. Mars.	21	208	117	55	D.	0,38
1433. Novembre. . .	4 10 19 21	281 2	133 49	79 1	R.	0,339 460
1449. Décembre. . .	9	60	143	75 30	D.	0,15
1457. Septembre . .	3 7	92 50	256 5	20 20	D.	2,103 3
1462. Août	6 3	196	25	25	R.	0,31
1468. Octobre	7 10 23 31	1 22	71 5	38 1	R.	0,829 721
1472. Février	28 5 22 34	48 3	207 32	1 55	R.	0,564 570
1490. Décembre. . .	24 11 26 10	58 40	288 45	51 37	D.	0,737 6
1491. Janvier	4 21 45	108	263	75	R.	0,755 1
1499. Septembre . .	6 18	0	326 30	21	D.	0,954
1500. Mai	17	290	310	75½	R.	1,4
1506. Septembre . .	3 16 1 55	250 37	132 50	45 1	R.	0,385 98
1532. Octobre	18 8 8	111 48	87 23	32 36	D.	0,519 22
1533. Juin	14 21 20 46	217 40	299 19	28 14	D.	0,326 86
1556. Avril.	22 4 35	276 6	175 14	32 26	D.	0,490 82
1558. Août.	10 12 34 6	329 49	332 36	73 29	R.	0,577 30
1577. Octobre	26 22 53 57	129 42 0″	25 20 24′	75 9 42″	R	0,177 5
1580. Novembre . . .	28 13 16	108 29 20	19 7 25	64 33 55	D.	0,602 31
1582. Mai.	6 10 4	256 16 43	227 13 33	61 25 51	R.	0,168 72

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la decouverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1	»	En Chine	8 mars-15 avril	Peirce.
1	»	En Chine	23 juillet-27 août	Peirce.
1	»	?	?	Hind.
1	»	En Chine	10 novembre-19 décembre. . .	Burckhardt.
1	»	En Chine	22 juillet-30 octobre	Burckhardt.
1	»	En Chine	3 septembre-5 novembre . . .	Laugier.
1	»	En Chine	2 mai-11 novembre	Hind.
1	»	En Chine	26 mai-25 juillet.	Laugier.
1	»	En Chine	22 mars-28 avril	Pingré.
1	»	En Chine	28 janvier-20 avril (962)	Hind.
1	»	En Chine	13 octobre-12 septembre. . . .	Burckhardt.
1	»	Les Arabes	mi-avril-mi-mai.	Pingré.
1	»	En Chine	8 janvier-7 mai	Hind.
1	»	En Europe	30 septembre-25 octobre. . . .	Burckhardt.
1	»	En Chine	6 février-1 mars.	Pingré.
1	»	En Europe	24 juin-3 octobre.	Hoek.
1	»	En Chine	24 janvier-5 mars.	Pingré.
1	»	En Europe	23 juin-24 octobre	Laugier.
1	»	En Chine	5 mars-7 avril	Burckhardt.
1	»	En Chine	25 octobre-30 octobre	Peirce.
1	»	En Chine	30 octobre-4 novembre.	Hind.
1	»	En France. . . .	juin-septembre	Lockyer.
1	»	En Chine	15 septembre-19 octobre. . . .	Laugier.
1	»	En Chine	?	Hind.
1	»	En Chine	15 juin-26 octobre	Hind.
1	»	En Chine	?	Hind.
1	»	En Chine	18 septembre-18 octobre. . . .	Valz.
1	»	Regiomontanus. .	9 janvier-17 février	Laugier.
1	»	En Chine	31 décembre-22 janv. (1491). .	Hind.
1	»	Bernhard Walther.	6 janvier-17 janvier.	Peirce.
1	»	En Chine	?	Hind.
1	»	En Europe	?	Hind.
1	»	En Chine	31 juillet-13 août.	Laugier.
1	»	En Chine	2 septembre-26 décembre . .	Olbers.
1	»	En Europe	1 juillet-16 septembre . . .	Olbers.
1	»	Joachim Heller. .	2 mars-16 avril	Hoek.
1	»	En Europe	17 août-23 août	Olbers.
1	»	Tycho Brahé . . .	13 novembre-26 janv. (1578). .	Woldstedt.
0,998 631	9 228	En Chine	2 octobre-12 décembre	Schjellerup.
1	»	Tycho Brahé . . .	12 mai-18 mai.	Marth.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Nouveau style.)		LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
1585. Octobre....	8j 0h48m 5s	9° 8′ 14″	37° 44′ 3″	6° 5′ 52″	D.	1,094 846
1590. Février....	8 0 48 25	217 57 2	165 36 46	29 29 44	R.	0,567 725 8
1593. Juillet.....	18 13 48	176 19	164 15	87 51	D.	0,089 113
1596. Juillet.....	25 5 17 59	270 54 35	330 20 49	51 58 10	R.	0,567 155 8
1618 Août......	17 3 12	318 20	293 25	21 18	D.	0,512 98
1618. Novembre...	8 8 34 22	3 5 21	75 44 10	37 11 31	D.	0,389 544
1652. Novembre...	12 15 50	38 18 40	88 10	79 28	D.	0,847 501
1661. Janvier....	26 21 18	115 16 8	81 54	33 55	D.	0,442 722
1664. Décembre...	4 11 45 26	130 33 15	81 15 52	21 18 12	R.	1,025 531
1665. Avril......	24 5 25	71 54 30	228 2	76 5	R.	0,106 49
1668. Février....	24 18 55 27	40 9	193 26	27 7	D.	0,025 113
1672. Mars......	1 8 47	46 59 30	297 30 30	83 22 10	D.	0,697 390
1677. Mai......	6 0 47	137 37 5	236 49 10	79 3 15	R.	0,280 590
1678. Août......	18 7 43	322 47 37	163 20	2 52	D.	1,145 3
1680. Décembre...	17 23 55 30	262 49 5	272 9 29	60 40 16	D.	0,006 222 36
1683. Juillet.....	13 2 19 55	85 35 59	173 24 40	83 13 15	R.	0,559 584 4
1684. Juillet.....	8 10 26	238 52	268 15	65 48 40	D.	0,960 15
1686. Septembre..	16 14 43	77 0 30	350 34 40	31 21 40	D.	0,325
1689. Novembre...	29 4 57 22	269 41 6	90 25 24	59 4 30	R.	0,018 932
1695. Novembre...	9 17	60	216	22	D.	0,843 5
1698. Septembre..	17 0 31	274 41	65 52	10 55	R.	0,728 65
1699. Janvier...	13 9 44 4	212 8 48	321 41 30	70 36 36	R.	0,748 62
1701. Octobre....	17 10	133 41	298 41	41 39	R.	0,592 63
1702. Mars......	13 14 42 43	138 46 34	188 59 10	4 24 44	D.	0,646 830
1706. Janvier....	30 5 6	72 36 25	13 11 23	55 14 5	D.	0,426 865
1707. Décembre..	11 23 52 51	79 58 9	52 50 29	88 37 40	D.	0,859 039
1718. Janvier....	14 21 53 37	121 39 55	127 45 29	31 8 6	R.	1,025 435
1723. Septembre..	27 15 13 30	42 52 35	14 14 17	50 0 18	R.	0,998 790 2
1729. Juin......	12 18	320 27 36	310 38	77 5 18	D.	4,043 496
1737. Janvier....	30 8 30	325 55	226 22	18 20 45	D.	0,222 823
1737. Juin......	8 7 48	262 36 39	123 53 43	39 14 5	D.	0,867 00
1739. Juin......	17 10 9	102 38 40	207 25 14	55 42 44	R.	0,673 578
1742. Février....	8 15 1	216 39 20	185 9 30	67 31 40	R.	0,770 057
1743. Janvier....	8 4 48	93 19 35	86 54 29	1 53 43	D.	0,861 55
1743. Septembre..	20 14 20 34	247 15 37	6 15 29	45 38 10	R.	0,523 62
1744. Mars......	1 8 5	197 13 58	45 47 54	47 7 41	D.	0,222 250
1746. Février....	15	140	325	6	D.	0,95
1747. Mars......	3 7 20	277 2 0	147 18 50	79 6 20	R.	2,198 51
1748. Avril......	28 18 53 30	215 23 29	232 51 50	85 28 23	R.	0,840 40
1748. Juin......	18 21 27 22	278 47 10	33 8 29	67 3 28	D.	0,946 516

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la découverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1	»	En Chine	18 octobre-20 novembre	Peters & Sawitsch.
1	»	Tycho Brahé . . .	5 mars 16 mars	Hind.
1	»	En Chine	4 août-3 septembre	Lacaille.
1	»	Tycho Brahé . . .	27 juillet-3 août.	Hind.
1	»	En Hongrie	1 septembre-25 septembre. .	Pingré.
1	»	Kirch.	29 novembre 21 janv. (1619). .	Bessel.
1	»	Hevelius	20 décembre-8 janv. (1653) . .	Halley
1	»	Hevelius.	3 février-28 mars	Méchain.
1	»	En Espagne. . . .	2 décembre-20 mars (1665). .	Lindelhôf.
1	»	A Aix.	6 avril-20 avril	Halley.
1	»	Ægidius	3 mars-23 mars	Henderson
1	»	Hevelius.	6 mars-21 avril	Halley.
1	»	Flamsteed	29 avril-8 mai.	Halley.
0,626 970	5,379 2	La Hire	11 septembre-7 octobre	Le Verrier.
0,999 985 417	8 813,9	Kirch.	22 décembre-19 mars (1681) .	Encke.
1	»	Flamsteed	23 juillet-5 septembre	Plummer.
1	»	Bianchini	1 juillet-17 juillet.	Halley.
1	»	Au Brésil	août-22 septembre	Halley.
1	»	Dans le Sud. . . .	4 décembre-24 décembre. . .	Vogel.
1	»	L. Delisle	30 octobre-12 novembre	Burckhardt.
1	»	J. Cassini	2 septembre-28 septembre . .	Lockyer.
1	»	Fontenay	17 février-2 mars	Hind.
1	»	Pallu.	28 octobre-1 novembre.	Burckhardt.
1	»	Bianchini	20 avril-5 mai.	Burckhardt.
1	»	J. Cassini	18 mars-16 avril	Struyck.
1	»	Manfredi.	25 novembre-23 janv. (1708). .	Struyck.
1	»	Kirch.	18 janvier-5 février.	Argelander.
1	»	Sanderson. . . .	12 octobre-18 décembre	Spörer.
1,005 33	»	Sarabat	31 juillet-18 janvier (1730). . .	Burckhardt
1	»	A la Jamaïque. . .	6 février-2 avril	Bradley.
1	»	Kegler	3 juillet-10 juillet	Daussy.
1	»	Zanotti	28 mai-18 août	Lacaille.
1	»	Grant.	2 mars-6 mai	Barker.
0,721 308 5	5,454 2	Grischow	10 février-21 février	Clausen.
1	»	Klinkenberg. . . .	18 août-13 septembre	D'Arrest.
1	»	Klinkenberg. . . .	9 décembre (1743)-2 mars . .	Wolfers.
1	»	Kindermann. . . .	février	Hind.
1	»	Chéseaux	13 août-5 décembre (1746). . .	Lacaille.
1	»	J. D. Maraldi . . .	26 avril-30 juin	Lemonnier.
1	»	Klinkenberg. . . .	19 mai-22 mai	Bessel.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Nouveau style.)	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
1757. Octobre 21j 9h23m	122°36′29″	214° 7′11″	12°41′17″	D.	0,339 32
1758. Juin 11 3 27	267 38	230 50	68 19	D.	0,215 352
1759. Novembre. . . 27 0 43 19s	53 38 4	139 40 15	79 3 19	D.	0,802 080
1759. Décembre. . . 16 20 20 30	138 27 45	79 49 14	4 52 31	R.	0,965 760 0
1762. Mai. 28 8 11 3	104 2 0	348 33 5	85 38 13	D.	1,009 048
1763. Novembre . . . 1 21 4 19	84 57 27	356 17 38	72 34 10	D.	0,498 304 3
1764. Février 12 13 51 36	15 14 52	120 4 33	52 53 31	R.	0,555 216
1766 Février 17 8 50	143 15 25	244 10 50	40 50 20	R.	0,505 324
1766. Avril. 26 23 53 16	251 13 0	74 11 0	8 1 45	D.	0,398 980 9
1769. Octobre 7 15 2 43	144 11 29	175 3 59	40 45 50	D.	0,122 755
1770. Août. 14 0 47 57	356 16 27	131 59 34	1 34 31	D.	0,674 310 2
1770. Novembre. . . 22 5 48	208 22 44	108 42 10	31 25 55	R	0.528 242
1771. Avril. 19 5 15 40	104 3 16	57 51 55	11 15 19	D.	0,903 463 0
1773. Septembre. . . 5 14 43 9	75 10 58	121 5 30	61 14 17	D.	1,126 886
1774. Août 15 20 4 42	317 27 40	180 44 34	83 20 26	D.	1,432 869
1779 Janvier 4 2 40 40	87 9 40	24 57 18	32 31 7	D.	0,713 116
1780. Septembre . . 30 22 23 14	246 35 59	123 41 18	54 23 12	R.	0,096 303 4
1780. Novembre. . . 28 20 30 19	246 52	142 1	72 3 30	R.	0,515 277
1781. Juillet 7 4 41 20	239 11 25	83 0 38	81 43 26	D	0.775 861
1781. Novembre. . . 29 12 42 46	16 3 7	77 22 55	27 12 4	R.	0,960 999
1783. Novembre. . . 19 22 29 4	50 17 25	55 40 30	45 6 54	D.	1,459 289
1784. Janvier 21 4 56 47	80 44 24	56 49 21	51 9 12	R.	0,707 858
1785. Janvier 27 7 58 4	109 51 56	264 12 15	70 14 12	D.	1,143 40
1785. Avril 8 9 8 12	297 29 33	64 33 36	87 31 54	R.	0,427 30
1786. Juillet 8 13 46 31	158 38 30	195 23 32	50 58 33	D.	0,394 242
1787. Mai. 10 19 58 0	7 44 9	106 51 35	48 15 51	R.	0,348 910
1788 Novembre. . . 10 7 25 0	99 8 7	156 56 43	12 27 40	R.	1.063 012
1788. Novembre. . . 20 7 25 0	22 49 54	352 24 26	64 30 24	D.	0,757 314
1790. Janvier. 16 19 7 30	58 24 45	172 50 2	29 44 7	R.	0,747 336
1790. Mai. 20 11 30	274 57 20	35 14	65 35	R.	0,791 005
1792. Janvier 15 6 9	34 43	191 55	41 5	R.	0,129 18
1792. Décembre. . . 27 6 45	135 57	283 16	42 2	R.	0,966 3
1793. Novembre. . . 4 20 21	228 42	108 29	60 21	R.	0.403 4
1793. Novembre. . . 20 5 15 32	71 54 3	2 0 12	51 31 10	D.	1,495 114
1796. Avril. 2 19 59 3	192 44 13	17 2 16	64 54 33	R.	1,578 16
1797. Juillet 9 2 53 52	49 34 42	329 16 30	50 35 50	R.	0,525 450
1798. Avril. 4 12 7 47	105 6 57	122 12 21	43 44 42	D.	0,484 585
1798. Décembre . . . 31 13 26 24	34 27 27	249 30 30	42 26 4	R.	0,779 523
1799. Septembre. . . 7 5 59 57	3 38 16	99 23 3	51 2 27	R.	0,840 305
1799. Décembre . . . 25 21 40 10	190 20 12	326 49 11	77 1 38	R.	0.625 802

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la découverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1	»	Bradley	13 septembre-18 octobre. . . .	Bradley.
1	»	La Nux.	26 mai-2 novembre	Pingré.
1	»	Messier	25 janvier (1760)-18 mars . . .	Chappe.
1	»	Dunn.	8 janvier (1760)-8 février . . .	Hind.
1	»	Klinkenberg. . . .	17 mai-2 juillet.	Burckhardt.
0,995 426 8	3 205,62	Messier	28 septembre-25 novembre . .	Lexell.
1	»	Messier	3 janvier-11 février	Pingré.
1	»	Messier	8 mars-15 mars	Pingré.
0,864 0	5,037 45	Helfenzrieder . . .	8 avril-13 mai	Burckhardt.
0,999 249 01	2 089,79	Messier	8 août-1 décembre	Bessel.
0,786 839	5,626 34	Messier	14 juin-2 octobre	Le Verrier.
1	»	Messier	10 janvier (1771)-20 janvier . .	Pingré.
1,009 369 8	»	Messier	1 avril-17 juillet.	Encke.
1	»	Messier	12 octobre-14 avril (1774) . . .	Burckhardt.
1,028 295 5	»	Montaigne	11 août-25 octobre	Burckhardt.
1	»	Bode	6 janvier-17 mai.	De Pacassi.
0,909 946 0	75 600	Messier	26 octobre-3 décembre.	Clüver.
1	1	Olbers	18 octobre-27 octobre	Olbers.
1	1	Méchain	28 juin-15 juillet	Méchain.
1	1	Méchain	9 octobre-25 décembre	Méchain.
0,552 456 0	5,888	Pigott.	19 novembre-21 décembre. . .	Peters.
1	»	La Nux	15 décembre (1783)-26 mai . .	Méchain.
1	»	Messier	7 janvier-8 février.	Méchain.
1	»	Méchain	11 mars-16 avril	Méchain.
1	»	Caroline Herschel.	1 août-26 octobre	Reggio.
1	»	Méchain	10 avril-26 juillet.	Saron.
1	»	Messier	25 novembre-30 décembre. . .	Méchain.
1	»	Caroline Herschel.	22 décembre-18 janvier (1789).	Méchain.
1	»	Caroline Herschel.	7 janvier-21 janvier.	Saron.
1	»	Caroline Herschel.	17 avril-29 juin.	Englefield.
1	»	Caroline Herschel.	15 décembre (1791)-25 janvier.	Englefield.
1	»	Gregory	8 janvier (1793)-15 février. .	Saron.
1	»	Messier	27 sept.-11 oct.; 30 déc.-7 janv. (1794).	Saron.
0,973 421 1	421,82	Perny	24 septembre-3 décembre. . .	D'Arrest
1	»	Olbers.	31 mars-14 avril	Olbers.
1	»	Caroline Herschel.	14 août-30 août	Bouvard.
1	»	Messier	12 avril-24 mai	Olbers.
1	»	Bouvard	6 décembre-12 décembre. . .	Burckhardt.
1	»	Méchain	6 août-26 octobre	Wahl.
1	»	Méchain	26 décembre-5 janvier (1800) .	Méchain.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Nouveau style.)		LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
1801. Août.	8j 13h30m43s	182° 41′ 52″	42° 28′ 54″	20° 45′ 0″	R.	0,256 41
1802. Septembre . .	9 21 32 26	332 9 4	310 15 39½	57 0 47	D.	1,094 11
1803. Février	10 3 38	146 15	307 45	0 55	D.	0,960 15
1804. Février	13 14 25 45	149 4 25	176 53 29	56 56 2	D.	1,074 983
1806. Décembre . . .	28 22 18 23	97 3 24	322 23 16	35 2 33	R.	0,081 571
1807. Septembre . .	18 17 53 20	270 54 42	266 47 11	63 10 28	D.	0,650 363 0
1808. Mai	12 23 1 25	69 12 57	322 58 36	45 43 7	R.	0,389 86
1808. Juillet	12 4 10 19	252 38 50	24 11 15	39 18 59	R.	0,607 953
1810. Septembre . .	29 2 32 52	52 44 42	310 21 2	61 11 15	D.	0,975 787
1811. Septembre . .	12 6 19 53	75 0 34	140 24 44	73 2 21	R.	1,035 423
1811. Novembre. . .	10 23 55 38	47 27 27	93 1 52	31 17 11	D.	1,582 108
1812. Septembre . .	15 7 40 52	92 18 44	253 1 2	73 57 3	D.	0,777 140 4
1813. Mars.	4 12 47 31	69 56 8	60 48 24	21 13 33	R.	0,699 130
1813. Mai	19 12 24 46	197 36 49	42 40 12	81 7 28	R.	1,215 290
1815. Avril.	25 23 59 11	149 2 3	83 28 47	44 29 51	D.	1,212 829 8
1816. Mars.	1 8 27	267 35 33	323 14 56	43 5 26	D.	0,048 503
1818. Février	25 23 10 10	182 45 22	70 26 11	89 43 48	D.	1,197 764
1818. Décembre. . .	4 22 35 18	101 55 2	89 59 53	63 5 29	R.	0,855 036
1819 Juin	27 17 1 2	287 7 46	273 41 32	80 44 38	D.	0,341 375 7
1819. Novembre . .	20 6 2 55	67 18 48	77 13 57	9 1 16	D.	0,892 558 7
1821. Mars.	21 13 20	329 29 25	48 40 56	73 33 7	R.	0,091 823 2
1822. Mai	5 13 44 13	192 47 45	177 25 4	53 35 34	R.	0,504 194
1822. Juillet.	16 0 44 23	219 53 48	97 51 23	37 43 4	R.	0,846 116
1822. Octobre . . .	23 18 37 50	271 40 17	92 44 42	52 39 10	R.	1,145 066
1823. Décembre. . .	9 10 52 59	274 34 14	303 3 51	76 12 14	R.	0,226 623 1
1824. Juillet	11 12 28 1	260 16 32	234 19 9	54 34 9	R.	0,591 263
1824. Septembre . .	29 1 33 19	4 31 7	279 15 39	54 36 59	D.	1,050 139 3
1825. Mai	30 13 16 0	273 55 1	20 6 8	56 41 6	R.	0,889 122 4
1825. Août.	18 17 13 16	10 14 25	192 56 10	89 41 47	D.	0,883 470 4
1825. Décembre. . .	10 16 16 49	318 45 49	215 43 22	33 32 3	R.	1,240 846
1826. Avril.	21 23 37 7	117 11 14	197 30 19	39 57 24	D.	2,002 894
1826. Avril.	29 1 5 34	35 48 13	40 29 13	5 17 2	R.	0,188 116 7
1826. Octobre	8 23 0 35	57 48 24	44 6 28	25 57 18	D.	0,852 809
1826. Novembre. . .	18 9 57 16	315 29 39	235 6 11	89 22 9	R.	0,026 89
1827. Février	4 22 16 25	33 30 16	184 27 49	77 35 35	R.	0,506 524
1827. Juin	7 20 20 36	297 31 42	318 10 28	43 38 45	R.	0,808 154
1827. Septembre . .	11 16 47 5	250 57 12	149 39 11	54 4 42	R.	0,137 843 3
1830. Avril.	9 7 24 5	212 11 22	206 21 35	21 16 5	D.	0,921 453 4
1830. Décembre. . .	27 16 0 19	310 59 19	337 53 7	44 45 30	R.	0,125 887 2
1832. Septembre . .	25 13 27 36	227 54 36	72 26 30	43 18 54	R.	1,183 75

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la découverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1	»	Pons	12 juillet-23 juillet	Doberck.
1	»	Pons	26 août-5 octobre	Olbers.
1	»	Reissig.	2 février-9 février.	Lockyer.
1	»	Pons	7 mars-10 avril	Wahl.
1,010 182	»	Pons	10 novembre-12 février (1807).	Hensel.
0,995 487 81	1725,41	Parisi	22 septembre-27 mars (1808) .	Bessel.
1	»	Pons	25 mars-2 avril	Encke.
1	»	Pons	24 juin-3 juillet.	Bessel.
1	»	Pons	22 août-21 septembre	Triesnecker.
0,995 093 30	3065,56	Flaugergues. . . .	26 mars (1811)-17 août (1812).	Argelander.
0,982 710 88	874,378	Pons	16 novembre-16 février (1812).	Nicolai.
0,954 541 2	70,684	Pons	20 juillet-27 septembre	Encke.
1	»	Pons	4 février-11 mars	Nicollet.
1	»	Pons	2 avril-17 mai	Ferrer.
0,931 149 58	74,006	Olbers	6 mars-25 août	Ginzel.
1	»	Pons	22 janvier-1 février.	Burckhardt.
1	»	Pons	26 décembre (1817)-1 mai . . .	Encke.
1	»	Pons	29 novembre-30 janvier (1819).	Rosenberger & Scherck.
1	»	Tralles.	3 juillet-12 octobre	Hind.
0,686 745 8	4,8086	Blanpain.	28 novembre-15 janvier (1820).	Encke.
1	»	Nicollet & Pons. .	31 janvier-3 mai	Rosenberger.
1	»	Gambart.	12 mai-22 juin	Gambart.
1	»	Pons	13 mai-12 juin	Heiligenstein.
0,996 302 11	5449,0	Pons	16 juillet-11 novembre.	Encke.
1	»	Köhler	30 décembre-31 mars (1824). .	Schmidt.
1	»	Rümker	15 juillet-11 août	Rümker.
1,001 734 5	»	Scheithauer	23 juillet-25 décembre.	Encke.
1	»	Gambart.	18 mai-25 août	Clausen.
1	»	Pons	9 août-26 août	Clausen.
0,995 428 5	4471,9	Pons	15 juillet-8 juillet (1826). . . .	Hubbard.
1,008 959 7	»	Pons	7 novembre (1825)-11 avril. .	Nicolai.
1	»	Flaugergues. . . .	29 mars-6 avril	Clüver.
1	»	Pons	7 août-11 décembre.	Argelander.
1	»	Pons	22 octobre-5 janvier (1827) . .	Gambart.
1	»	Pons	26 décembre (1826)-26 janvier.	Heiligenstein.
1	»	Pons	20 juin-21 juillet	Heiligenstein.
0,999 273 05	2611,08	Pons	2 août-16 octobre	Clüver.
0,999 388 3	58 466	Kiernau	17 mars-17 août	Hardenkampf & Meyer.
1	»	Herapath	7 janvier (1831)-8 mars. . . .	Wolfers.
1	»	Gambart.	19 juillet-31 août.	Santini & Conti.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Nouveau style.)	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
1833. Septembre . . 10j 9h38m51s	224°21′23″	323°28′17″	7°18′17″	D.	0,464 340
1834. Avril. 2 16 4 32	276 33 49	226 48 52	5 56 52	D.	0,515 027 5
1835. Mars. 27 13 59 32	207 42 55	58 19 46	9 7 39	R.	2,041 307
1840. Janvier 4 10 23 3	192 11 50	119 57 46	53 5 52	D.	0,618 445 9
1840. Mars. 12 23 55 53	80 18 10	236 49 6	59 13 20	R.	1,221 395
1840. Avril. 2 12 2 48	324 12 27	186 2 45	79 51 52	D.	0,748 332 8
1840. Novembre. . . 13 15 37 16	22 31 40	248 56 22	57 57 23	D.	1,480 835
1842. Décembre. . . 15 23 7 32	327 17 32	207 49 39	73 34 4	R.	0,504 425 5
1843. Février 27 10 0 30	278 40 17	1 14 55	35 40 39	R.	0,005 538 3
1843. Mai 6 1 29 54	281 29 43	157 14 54	52 44 46	D.	1,616 335 8
1844. Septembre . . 2 11 33 57	342 30 21	63 48 43	2 54 50	D.	1,186 403
1844. Octobre 17 8 24 36	179 35 7	31 38 16	48 36 1	R.	0,855 390 4
1844. Décembre. . . 13 16 21 3	296 1 28	118 18 32	45 38 47	D.	0,251 717 0
1845. Janvier 8 4 7 40	91 20 22	336 44 13	46 50 39	D.	0,905 243 1
1845. Avril. 20 23 27 30	192 29 6	347 5 34	56 27 18	D.	1,255 322 5
1845. Juin 5 16 19 5	262 2 56	337 48 56	48 41 59	R.	0,401 627
1846. Janvier 22 2 24 32	89 6 22	111 8 26	47 26 6	D.	1,480 703
1846. Mars. 5 13 14 39	90 27 0	77 33 33	85 5 42	D.	0,663 714 5
1846. Mai 27 19 54 16	82 39 20	161 18 29	57 36 24	R.	1,374 681 3
1846. Juin 1 5 15 14	240 7 35	260 28 59	30 24 24	D.	1,528 620 4
1846. Juin 5 11 39 26	162 5 40	261 52 51	29 18 47	R.	0,633 702 9
1846. Octobre 29 22 9 18	98 47 15	4 38 18	49 39 3	D.	0,829 392 5
1847. Mars. 30 6 58 50	276 2 22	21 41 52	48 39 50	D.	0,042 589 5
1847. Juin 4 17 45 21	141 35 6	173 56 44	79 33 52	R.	2,115 591
1847. Août. 9 6 22 31	21 20 2	76 41 31	32 38 24	R.	1,484 278
1847. Août. 9 9 0 5	246 44 21	338 16 7	83 26 15	R.	1,766 059
1847. Septembre . . 9 13 10 52	79 12 6	309 48 49	19 8 25	D.	0,487 862
1847. Novembre. . . 14 9 46 0	374 12 57	190 49 53	71 50 56	R.	0,329 028 4
1848. Septembre . . 8 1 14 47	310 34 39	211 32 29	84 24 50	R.	0.319 931 3
1849. Janvier 19 8 46 36	63 14 31	215 13 1	85 3 3	D.	0,959 716 4
1849. Mai 26 12 46 47	235 45 15	202 33 27	67 7 50	D.	1,159 076 3
1849. Juin 8 0 33 33	266 51 29	30 30 38	67 7 25	D.	0,895 597 9
1850. Juillet. 23 12 49 37	273 25 5	92 53 28	68 11 24	D.	1,081 448 9
1850. Octobre 19 8 23 41	89 15 29	205 58 57	40 8 53	D.	0,565 294 7
1851. Août. 26 5 47 13	310 58 49	223 40 33	38 9 2	D.	0,984 299 3
1851. Septembre . . 30 19 21 16	338 45 18	44 25 37	73 59 44	D.	0,141 381 6
1852. Avril. 19 15 24 27	278 42 18	317 29 30	49 11 8	R.	0,912 859 6
1852. Octobre 12 18 10 18	43 13 42	346 10 0	40 55 0	D.	1,249 961 2
1853. Février 24 0 5 10	153 44 19	69 33 36	20 13 20	R.	1,091 897 7
1853. Mai 9 19 49 20	201 44 37	40 57 37	57 49 3	R.	0,908 693 2

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la découverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1	»	Dunlop.	1 octobre-16 octobre	Hartwig.
1	»	Gambart.	7 mars-14 avril	Petersen.
1	»	Boguslawski. . . .	20 avril-27 mai	Bessel.
1,000 205 0	»	Galle.	2 décembre-8 février (1840) .	Peters & Struve.
0,997 883 6	13 864	Galle.	23 janvier-1 avril.	Plantamour.
1	»	Galle.	6 mars-27 mars	Rümker.
0,969 852 65	334,269	Bremiker	26 octobre-16 février (1841) . .	Götze.
1	»	Laugier	28 octobre-26 novembre	Petersen.
0,999 915 717	532,67	En Italie.	28 février-19 avril	Hubbard.
1,000 179 8	»	Mauvais	3 mai-1 octobre.	Götze.
0,617 635 1	5,466	De Vico	3 septembre-10 septembre . .	Brünnow.
0,999 608 3	102047	Mauvais	7 juillet-10 mars (1845) . . .	Henderson.
1,000 353 03	»	Wilmot.	19 décembre-12 mars (1845). .	G. P. Bond.
1	»	D'Arrest.	28 décembre (1844)-30 mars. .	Hind.
1	»	De Vico	25 février-25 avril.	Jelinek & Hornstein.
0,989 874 2	7899,9	Colla.	2 juin-27 juin	D'Arrest.
0,992 402 6	2720,84	De Vico	24 janvier-1 mai	Jelinek.
0,962 089 11	73,24	De Vico	20 février-19 mai.	Van Deinse.
1	»	De Vico	29 juillet-30 septembre	Graham.
0,721 338 5	12.8	C.-H.-F. Peters . .	26 juin-21 juillet	Peters.
0,989 938 9	499,87	Brorsen	30 avril-12 juin.	Oudemans.
0,993 312 7	1382,2	De Vico	23 septembre-30 octobre . . .	Quirling.
0,999 912 93	10818	Hind	6 février-24 avril	Hornstein.
1,000 654 9	»	Colla	13 mai-30 décembre	Engström.
0,997 434 8	13919	Schweizer	31 août-17 décembre.	Schweizer.
0,998 587 9	44229	Mauvais	4 juillet-24 mars (1848) . . .	Mauvais.
0,972 56	74,97	Brorsen	20 juillet-12 septembre	D'Arrest.
1,000 132 6	»	Maria Mitchell .	1 octobre-3 janvier (1848) . .	Rümker.
1	»	Petersen.	7 août-25 août.	Sonntag & Quirling.
0,999 818 1	382801	Petersen.	26 octobre (1848)-26 janvier. .	Safford.
0,997 886 3	12841	Goujon.	15 avril-22 septembre	Weyer.
1,004 749	»	Schweizer	11 avril-24 août.	Schweizer.
0,998 851 9	28910	Petersen.	1 mai-15 octobre	Carrington.
1	»	G.-P. Bond	29 août-9 novembre	Mauvais.
9,996 857 5	5543,6	Brorsen	1 août-21 septembre	Brorsen.
1	»	Brorsen	22 octobre-21 novembre. . . .	Götze & Sonntag.
1,052 504 1	»	Chacornac.	15 mai-14 juin	Hartwig.
0,918 916 98	60,5	Westphal.	24 juillet-11 janvier (1853) . .	Westphal.
0,990 412	1215	Secchi	6 mars-11 avril	Hartwig
0,989 319 4	784,75	Schweizer	4 avril-11 juin.	Rümker.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Nouveau style.)	LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
1853. Septembre . . 1j 17h 7m 0s	310° 56′ 59″	140° 31′ 11″	61° 31′ 0″	D.	0,306 841 4
1853. Octobre 16 14 41 5	302 14 53	220 5 52	60 59 44	R.	0,172 677 3
1854. Janvier 3 22 38 0	56 6 32	227 2 48	66 6 47	R.	2,044 645
1854. Mars. 24 0 30 0	213 49 1	315 27 14	82 32 43	R.	0,227 048 2
1854. Juin 22 2 11 5	272 58 6	347 48 45	71 8 21	R.	0,647 328 1
1854. Octobre 27 12 22 25	94 23 28	324 27 41	40 54 38	D.	0,798 701
1854. Décembre. . . 15 17 23 37	165 8 26	238 6 45	14 9 15	D.	1,357 522 5
1855. Février 5 1 17 32	226 37 34	189 43 33	51 24 19	R.	2,193 525 8
1855. Mai 29 11 7 25	239 28 46	260 10 48	23 9 54	R.	0,564 898
1855. Novembre. . . 25 9 18 19	86 1 23	51 33 41	10 11 19	R.	1,232 332 9
1857. Mars. 21 8 52 59	74 43 59	313 9 37	87 56 13	D.	0,772 449 3
1857. Juillet. 17 23 42 31	249 36 1	23 41 28	58 57 51	R.	0,367 479 5
1857. Août. 23 0 4 20	21 46 51	200 49 16	32 46 24	D.	0,746 838 4
1857. Septembre . . 30 21 16 26	250 7 38	14 57 48	56 3 21	R.	0,562 896 5
1857. Novembre. . . 19 5 52 0	44 12 26	139 17 52	37 48 55	R.	1,008 955
1858. Juin 5 7 15 0	226 6 5	324 58 8	80 2 42	R.	0,544 261 0
1858. Septembre . . 29 25 12 27	36 13 1	165 19 22	63 1 50	R.	0,578 476 4
1858. Octobre 12 19 36 7	4 13 8	159 45 3	21 16 37	R.	1,427 002
1859. Mai 29 5 34 59	75 20 31	357 20 44	83 31 45	R.	0,201 032
1860. Février . . . . 16{15 9 14	173 49 49	324 3 40	79 39 57	D.	1,198 793
1860. Février . . . . 16{16 13 45	173 45 9	324 3 19	79 36 12	D.	1,198 174
1860. Mars. 5 13 43 43	50 5 10	8 52 32	48 13 6	D.	1,306 664
1860. Juin 16 0 30 17	161 31 10	84 42 50	79 17 38	D.	0,292 126
1860. Septembre . . 28 6 58	111 59	104 14	28 14	R.	0,953 9
1861. Juin 3 9 30 51	243 22 2	29 55 42	79 45 31	D.	0,920 700
1861. Juin 11 12 19 3	249 4 9	278 58 3	85 26 15	D.	0,822 383 8
1861. Décembre. . . 7 4 34 54	173 29 37	145 7 10	41 56 56	R.	0,839 209
1862. Juin 22 0 53 20	229 20 27	326 32 53	7 54 26	R.	0,981 336
1862. Août. 22 22 2 32	290 12 48	137 27 10	66 25 48	R.	0,962 642 4
1862. Décembre. . . 28 4 20 4	125 11 31	355 46 2	42 28 37	R.	0,803 238
1863. Février 3 11 56 37	191 22 45	116 55 33	85 21 56	D.	0,794 758 0
1863. Avril. 4 21 51 34	255 15 35	251 15 35	67 22 13	R.	1,068 087
1863. Avril. 20 20 48 43	305 47 24	250 10 39	85 29 29	D.	0.628 824
1863. Novembre. . . 9 11 50 6	94 43 16	97 29 26	78 5 2	D.	0,706 599
1863. Décembre. . . 27 18 27 34	60 23 35	304 42 33	64 28 44	D.	0,771 492 0
1863. Décembre. . . 29 4 9 12	183 7 19	105 1 23	83 19 17	D.	1,313 120 3
1864. Juillet. 27 19 38 17	161 4 39	174 58 56	45 0 0	R.	0,626 106 2
1864. Août. 15 13 59 39	246 17 22	95 14 32	1 52 10	R.	0.909 291 0
1864. Octobre 11 9 51 14	264 12 50	31 45 26	70 18 2	R.	0.931 195 1
1864. Décembre. . . 22 10 58 53	321 40 11	203 12 21	48 52 39	D.	0,770 730 7
1864. Décembre. . . 27 17 25 40	162 22 46	160 53 32	17 7 23	R.	1,114 641 5

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la découverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1,000 260 85	»	Klinkerfues	10 juin-9 janvier (1854).	Krahl.
1,001 228 9	»	Brunhs.	11 septembre-11 décembre . .	D'Arrest.
1	»	Van Arsdale. . . .	25 novembre-1 mars (1854). .	Rzepecki.
1	»	Menciaux	29 mars-28 avril	Mathieu.
1	»	Klinkerfues . . .	4 juin-20 août. . . . . , .	Bruhns.
0,993 324 6	1310	Klinkerfues	11 septembre-14 novembre. . .	Lesser.
0,986 372 8	994,28	Colla	15 janvier (1855)-22 avril. . .	Elkin.
0,965 185	520,12	Schweizer	11 avril-5 juin.	Tiele.
0,903 997	14,25	Donati	3 juin-30 juin	Schulze.
0,997 255	9512,16	Bruhns.	12 novembre-3 janvier (1856) .	Hoek.
0,999 214 4	30977	D'Arrest	22 février-2 mai.	Schulze.
0,998 998 4	7032,6	Klinkerfues	22 juin-26 juillet	Villarceau.
0,980 371 4	234,7	C. H. F. Peters .	25 juillet-21 octobre	Möller.
0,996 913 5	2464,6	Klinkerfues	20 août-30 septembre.	Linsser.
0,996 991 8	6143	Donati	10 novembre-19 décembre. . .	Auwers.
1	»	Bruhns.	21 mai 20 juin.	Auwers.
0,996 420 1	2054,11	Donati	2 juin-4 mars (1859). . . .	Loewy.
1	»	Tuttle	5 septembre-10 novembre . .	Weiss.
1	»	Tempel.	2 avril-30 juin	Hertzsprung.
1	»	Liais.	26 février-13 mars	Pechüle.
1	»	Rümker	17 avril-11 juin	Gylden.
0,997 240	1089,6	Caswell	21 juin-18 octobre	Liais.
1	»	Tempel	23 octobre-14 novembre	Valz.
0,983 463 14	415,43	Thatcher	4 avril-25 mai	Oppolzer.
0,985 077 3	409,40	Tebbutt	13 mai-2 mai (1862).	Kreutz.
1	»	Tuttle	28 décembre-28 janvier (1862)	Hall.
1	»	Schmidt.	2 juillet-30 juillet	Seeling.
0,960 758 8	121,502	Tuttle	18 juillet-25 octobre	Oppolzer.
1	»	Respighi.	27 novembre-20 février (1863).	Galle.
0,999 947 0	1 883 820	Bruhns.	30 novembre (1862)-2 mars . .	Engelmann.
1	»	Klinkerfues	16 avril-12 novembre.	Frischanf.
1	»	Respighi.	12 avril-21 mai	Frischanf.
1	»	Tempel	4 novembre-13 janvier (1864).	Oppolzer.
1	»	Respighi.	28 décembre-16 février (1864).	Valentiner.
1,000 649 9	»	Bäcker.	11 octobre-13 avril (1864) . . .	Rosén.
1	»	Donati	9 septembre-10 octobre. . . .	Kowalczyk.
0,996 350 9	3933,5	Tempel.	4 juillet-19 septembre.	Kowalczyk.
0,999 953 24	2 810 300	Donati.	28 juillet-26 janvier (1865). . .	Von Asten.
1	»	Bäcker.	18 décembre-25 février (1865) .	Kowalczyk.
1	»	Bruhns.	30 décembre-29 janvier (1865).	Valentiner.

PASSAGE AU PÉRIHÉLIE. (Nouveau style.)		LONGITUDE du périhélie.	LONGITUDE du nœud ascendant.	Inclinaison.	SENS DU MOUVEMENT.	Distance du périhélie.
1865. Janvier	14j 8h33m38s	4°50′24″	253° 3′10″	87°31′40″	R.	0,025 987
1866. Janvier	11 3 22 8	42 24 2	231 26 3	17 18 5	R.	0,976 520 4
1866. Janvier	28 7 51 4	31 22 31	205 15 39	12 14 10	D.	1,944 73
1867. Janvier	19 20 48 36	75 52 15	78 35 45	18 12 35	D.	1,572 486 3
1867. Février	27 20 26 46	162 40 6	168 35 20	6 7 0	D.	1,124 35
1667. Novembre. . .	6 23 14 37	213 35 26	64 58 27	3 26 29	R.	0,330 426
1868. Juin	26 5 38 29	286 20 43	52 48 12	48 18 27	R.	0,580 275
1869. Octobre . . .	9 20 38 58	139 42 45	311 30 7	68 19 53	R.	1,230 762
1870. Juillet.	14 2 1 7	303 32 11	141 44 52	58 12 29	R.	1,008 719 2
1870. Septembre . .	2 4 34 3	17 59 50	12 56 20	80 39 26	R.	1,816 666
1870. Décembre. . .	19 21 10 55	5 20 30	94 44 43	32 43 35	R.	0,389 262
1871. Juin	10 14 33 9	141 49 59	279 18 36	87 35 56	D.	0,654 300
1871. Juillet.	27 0 37 4	308 13 37	211 54 40	78 0 36	R.	1,075 878
1871. Décembre. . .	20 7 20 20	29 33 31	147 1 59	81 36 20	R.	0,694 455
1872. Décembre. . .	15 9 12	93 53 35	33 11 0	31 12 55	R.	0,035 20
1873. Septembre . .	10 18 57 53	36 50 53	230 35 24	84 1 29	R.	0,794 061 3
1873. Octobre. . . .	1 18 28 5	50 28 18	176 43 14	58 31 1	R.	0,384 855
1874. Mars.	9 22 35 14	299 47 56	30 18 2	58 52 48	D.	0,044 568 2
1874. Mars.	13 22 36 38	245 51 38	274 6 54	31 35 29	R.	0,885 761
1874. Juillet.	8 20 42 55	271 6 20	118 44 25	66 20 59	D.	0,675 812
1874. Juillet	17 16 35 14	5 26 13	215 50 47	34 7 54	D.	0,227 275
1874. Août.	26 21 8 20	344 8 19	251 30 8	41 49 48	D.	0,982 648 8
1874. Octobre	18 22 47 4	265 40 31	281 57 34	80 47 5	R.	0,508 226
1877. Janvier.	19 4 26 37	200 4 52	187 15 2	27 5 23	R.	0.807 441
1877. Avril.	17 15 54 16	253 29 26	316 37 20	58 51 29	R.	0,949 980 0
1877. Avril.	26 20 0 11	102 52 6	346 4 27	77 10 0	D.	1,009 272
1877. Juin	27 1 29 41	80 57 30	184 16 25	64 19 2	R.	1,071 795
1877. Septembre . .	11 9 57 5	107 37 41	250 58 49	77 42 27	R.	1,576 573
1878. Juillet	20 16 44 2	279 50 18	102 15 50	78 10 52	D.	1,391 966
1879. Avril.	28 0 53 36	42 45 43	44 57 30	72 45 41	R.	0,872 011
1879. Août	29 5 57 59	308 11 36	32 22 0	72 14 48	R.	0,991 36
1879. Octobre	4 15 16 11	202 37 49	87 11 10	77 7 50	D.	0,989 617
1880. Janvier	27 10 40 30	73 34 35	355 54 18	36 57 49	R.	0,005 996
1880. Juillet.	1 17 54 25	112 3 6	257 15 3	56 56 18	R.	1,814 081
1880. Septembre . .	6 21 24 57	82 22 55	45 12 1	38 6 22	R.	0,354 213
1880. Novembre. . .	8 19 31 35	184 2 30	257 35 54	50 48 18	R.	0,386 69
1880. Novembre. . .	9 12 1 52	262 30 9	249 35 36	60 41 5	D.	0,674 06
1881. Mai	20 13 36 1	299 37 31	125 1 11	78 50 55	D.	0,588 19
1881. Juin	16 10 43 28	265 12 56	270 57 45	63 25 51	D.	0,732 99
1881. Août.	22 17 50 20	334 14 57	96 25 48	40 9 43	R.	0,631 22
1881. Septembre . .	13 1 18 52	18 10 5	66 9 2	6 53 26	D.	0,723 84
1881. Septembre . .	14 9 13 44	267 36 38	274 11 39	67 12 10	R.	0,449 24

Excentricité.	Révolution.	AUTEUR ou lieu de la découverte.	DURÉE DES OBSERVATIONS.	Calculateur.
1	»	Tebbutt	29 janvier-17 mars.	Tebbutt.
0,905 419 8	33,175 82	Tempel	21 décembre-9 février (1867) .	Oppolzer.
1	»	Secchi	9 décembre (1865)-19 janvier.	Donati.
0,849 055 1	33,62	Tempel.	25 janvier-28 mars	Searle.
1	»	Tempel.	12 avril-25 avril	Peters.
1	»	Bäcker.	30 septembre-17 octobre. . . .	Tietjen.
1	»	Winnecke	13 juin-26 juin	Tietjen.
1	»	Tempel.	12 octobre-12 novembre. . . .	Kowalczyk.
1	»	Winnecke	30 mai-9 juillet	Dreyer.
1	»	Coggia	28 août-19 décembre.	Thiele.
1	»	Winnecke	23 novembre-30 novembre. .	Schulhof.
0,997 814	5188	Winnecke . . .	7 avril-5 août	Holetschek.
1	»	Tempel.	14 juin-17 septembre.	Schulhof.
1	»	Tempel.	3 novembre-15 novembre. .	Schulhof.
1	»	Pogson.	2 décembre-3 décembre . . .	Bruhns.
0,996 471	3 375,5	Borrelly	20 août-20 octobre	R. Gautier.
1	»	Paul Henry	27 août-28 novembre.	Weiss.
1	»	Winnecke	20 février-25 février	Wittstein.
1	»	Winnecke . . .	11 avril-17 juin.	Wenzel.
0,998 723	12184	Coggia	17 avril-18 octobre	Schulhof.
0.962 226	298.6	Coggia	21 août-2 novembre	Holetschek.
0,998 830 9	24368	Borrelly	25 juillet-20 octobre	Gruss.
1	»	Borrelly	8 décembre-4 janvier (1875) .	Holetschek.
1	»	Borrelly	8 février-30 mars	Thraen.
0,998 700 5	19765	Winnecke	5 avril-13 juillet.	Plath.
1	»	Swift.	14 avril-1 juin.	Zelbr.
1	»	Tempel.	2 octobre-13 octobre	Ginzel.
1	»	Coggia	14 septembre-10 décembre . .	Plummer.
1	»	Swift.	7 juillet-23 juillet	Büttner.
1	»	Swift.	11 juillet-11 août	Abetti.
1	»	Hartwig	28 août-13 septembre.	Hartwig.
1	»	Palisa	21 août-22 octobre	Palisa.
0,999 459	36,9	Gould	5 février-17 février	W. Meyer.
1	»	Schaeberle	6 avril-11 septembre	J. Mayer.
0,997 004	1280	Hartwig	29 septembre-30 novembre . .	Schulhof & Bossert.
1	»	Cooper.	21 décembre-25 décembre. . .	Oppenheim.
1	»	Pechüle	6 décembre-10 janvier (1881).	Ambroun.
1	»	Swift.	30 avril-12 mai.	Zelbr.
0.996 434	2954	Tebbutt	23 mai-2 septembre	Düner & Engström.
1	»	Schaeberle	18 juillet-11 août	Von Hepperger.
0,824 033 5	8,343	Denning	5 octobre-27 octobre	Chandler.
1	»	Barnard	21 septembre-2 octobre	Chandler.

§ 294. COMÈTES PÉRIODIQUES CONSTATÉES.

Nous rangeons dans cette classe les comètes qui se sont représentées aux époques attendues, ou bien dont l'orbite a pu être liée sûrement à une ou plusieurs orbites précédemment calculées. Dans l'une et l'autre hypothèse, elles ont paru plus d'une fois.

Nous allons les passer brièvement en revue, dans l'ordre des durées de leurs révolutions. Nous rapportons toujours les longitudes à l'équinoxe moyen du 1er janvier de l'année dans laquelle s'effectua le passage au périhélie.

Comète de Halley.

(Période : environ 76 ans.)

La comète de *Halley* est celle dont la périodicité a été le plus anciennement reconnue. *Halley* l'inféra (**London, PTr, 1705, 1882**) de la similitude des éléments qu'il venait de calculer, pour les comètes de 1531, 1607 et 1682. Il invitait les astronomes à se tenir attentifs au prochain retour de l'astre, et les priait, lorsqu'ils le verraient revenir au bout de l'intervalle assigné de 75 ou 76 ans, de se rappeler que c'était un Anglais qui avait établi ce fait jusque-là sans précédent.

Clairaut, aidé de *Lalande*, ayant entrepris le calcul des perturbations, la comète fut annoncée pour le printemps de 1759 (**JdS_1, 1759, janv.**), époque où, en effet, elle fut revue.

On a depuis identifié cette comète pour huit apparitions au moins, antérieures à celles calculées par *Halley*. On verra, sur ces anciennes apparitions, *Laugier* dans **CdT, 1846, 97** et dans **Paris, Crh, XXIII, 1847, 185**, ainsi que *Hind* dans **London, MNt, X, 1850, 51.**

Le mouvement de la comète de *Halley* est rétrograde.

Voici les éléments de cet astre, calculés pour ses retours connus, d'après les observations.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
—11. Oct. 8j19h19m	280°	28°	10°	0,58	?	Hind.
+66. Janv. 14 4 48	325 0′	32 40′	40 30′	0,444 6	?	Hind.
141. Mars 29 2 24	251 55	12 30	17 0	0,72	?	Hind.
989. Sept. 12 0	264	84	17	0.568 3	?	Burckhardt.
1066. Avril 1	264 55	25 30	17 0	0,72	?	Hind.
1301. Oct. 24 0	312	138	13	0,64	?	Laugier.
1378. Nov. 8 18 28 48s	299 31	47 17	17 56	0,583 3	?	Laugier.
1456. Juin 8 22 10	301 0	48 30	17 56	0,585 52	?	Pingré.
1531. Avril 25 19 10	301 12	45 30	17 0	0,579 94	0,967 391	Halley.
1607. Oct. 27 0 21 0	300 46 59″	48 14 9″	17 6 17″	0,584 19	0.967 088 8	Lehmann.
1682. Sept. 14 12 14 14	301 55 37	51 11 18	17 44 45	0,582 894 3	0,967 920 19	Rosenberger.
1759. Mars 12 13 23 55	303 10 28	53 50 27	17 36 52	0,584 519 3	0,967 684 36	Rosenberger.
1835. Nov. 15 22 41 22	304 30 48	55 9 15	17 45 5	0,586 569 5	0,967 390 91	Westphalen.

Le prochain passage au périhélie aura lieu en mai 1910 (*De Pontécoulant*, dans **Paris, Crh, LVIII, 1864, 826**).

Comète de Tuttle. •

(Période : 13 $\frac{2}{3}$ ans.)

Une comète ayant été découverte par *Tuttle*, à Cambridge [États Unis d'Amérique], le 4 janvier 1858 (**ANn, XLVII, 1858, 335**), *Pape*, qui en calcula l'orbite, reconnut immédiatement que cet astre avait été observé en 1790 (**ANn, XLVII, 1858, 329**).

Cette comète n'a été vue jusqu'ici que dans trois de ses apparitions. Les éléments donnés ci-dessous pour 1871 sont ceux étendus depuis le retour de 1858, par le calcul des perturbations. Les recherches de *Clausen* et de *Tischler* sur cette comète sont analysées dans : **Leipzig, Vjh, VI, 1871, 91.**

Le sens du mouvement de l'astre est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1790. Janv. 30j 21h 2m 27s	115°42′ 0″	268°36′34″	34° 6′26″	1,043 387	0,819 156 0	Tischler.
1858. Fév. 23 12 33 38	115 50 56	269 3 4	54 24 30	1,025 561	0,821 176 4	Tischler.
1871. Nov. 30 11 18 25	116 5 26	269 18 2	54 17 0	1,030 107	0,821 054 0	Tischler.

Le prochain passage au périhélie aura lieu en juillet 1885.

Comète de Faye et Möller.

(Période : 7 $\frac{1}{2}$ ans environ.)

Découverte par *Faye*, à Paris, le 22 novembre 1843 (**Paris, Crh, XVII, 1843, 1248**). *Argelander* reconnut que les observations ne pouvaient être représentées que par une ellipse (**ANn, XXI, 1844, 225**). La comète a été revue, en effet, quatre fois depuis cette époque. *Möller* en a fait l'objet de travaux considérables (**ANn, LIII, 1860, 161; LIV, 1861, 353; LVII, 1862, 213, LXIV, 1865, 145**). Dans le second de ces mémoires, il avait cru nécessaire, pour lier les différentes apparitions entre elles, de recourir à un terme d'accélération, analogue à celui employé pour la comète de Encke. Sa conclusion à cet égard avait été adoptée par *Encke* (**BaJ, 1864, 404**). Mais plus tard (**Leipzig, Vjh, VII, 1872, 94**) il a reconnu que les perturbations causées par Jupiter étaient suffisantes.

La comète de Faye et Möller a été observée dans tous ses retours ultérieurs au périhélie.

Le sens du mouvement est direct.

Möller a calculé les éléments relatifs aux différentes oppositions, en les liant entre eux par le calcul des perturbations (**Leipzig, Vjh, VII, 1872, 96**). Les éléments pour 1873 et pour 1881, qu'il a donnés plus tard, n'ont pas encore été comparés aux observations.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1843. Oct. 17j 3h 17m 33s	49°32′39″	209°28′43″	11°22′32″	1,692 24	0,555 828	Möller.
1851. Avr. 1 22 39 11	49 42 0	209 30 58	11 21 38	1,699 89	0,554 892	Möller.
1858. Sept. 12 21 7 36	49 49 34	209 39 10	11 22 11	1,694 08	0,555 788	Möller.
1866. Fév. 13 23 30 21	49 56 26	209 42 7	11 22 9	1,682 15	0,557 544	Möller
1873. Juil. 18 11 49 54	50 5 24	209 41 28	11 21 50	1,682 56	0,557 383	Möller.
1881. Janv. 22 15 24 36	50 49 36	209 36 14	11 19 40	1,738 13	0,549 021	Möller.

Le prochain passage par le périhélie aura lieu en août 1888.

Comète de Biela [de Gambart].

(Période : environ 6 ¾ ans.)

Cette comète avait été vue en 1772 et en 1805-1806, sans qu'on en reconnût la périodicité. Dans la première circonstance, elle avait été découverte à Limoges par *Montaigne,* le 8 mars 1772 (**Paris, H & M, 1777, 345**), et dans la seconde, à Marseille par *Pons,* le 10 novembre 1805 (**MCz, XIII, 1806, 85**). Elle fut revue en 1826, année où elle fut découverte par *Biela,* à Josephstadt en Bohême, le 27 février (**ANn, IV, 1826, 435; Cas, XIV, 1826, 594**). *Gambart,* ayant calculé les éléments sur les premières observations faites pendant cette apparition, en signala la ressemblance avec ceux des comètes de 1772 et 1806, et confirma l'identité par le calcul de l'orbite elliptique (**ANn IV, 1826, 501 ; Cas, XIV, 1826, 593; London, MAS, II, 504**).

Santini (**ANn, XII, 1835, 115; XXI, 1844, 171; XXXII, 1851, 95**) et *Hubbard* (**AJl, IV, 1854, 60...; VI, 1861, 110...**) ont publié, au sujet de cette comète, les recherches les plus étendues et les plus soigneuses. Nous allons rapporter les éléments fondés sur la discussion la plus complète des observations, aux différentes apparitions.

En 1846, cette comète, qui n'avait eu jusque-là qu'un seul noyau, s'est dédoublée pendant la période de son apparition. Les premiers observateurs qui en signalèrent la duplicité, furent *Herrick* et *Bradley,* le 29 décembre, à New Haven, États-Unis d'Amérique. Mais d'après la position observée à Cambridge, Angleterre, le 1er décembre, et qui doit se rapporter au noyau secondaire, *Hubbard* conclut que la scission remontait au mois de novembre (**AJl, IV, 1856, 3**). Une orbite spéciale a été calculée, depuis lors, pour chacun des noyaux. Les deux systèmes d'éléments sont réunis ci-dessous par une accolade, pour chaque apparition. La première ligne se rapporte au noyau septentrional et précédant, la seconde au noyau méridional et suivant.

Le sens du mouvement est direct.

	Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1772.	Fév. 16j 15h 53m 1s	110° 8′35″	257°15′38″	17° 3′ 8″	0,986 00	0,724 510	Hubbard.
1806.	Janv. 1 22 10 31	109 28 25	251 16 19	13 36 34	0,907 077	0 745 706 8	Hubbard.
1826.	Mars 18 10 52 30	109 48 47	251 27 19	13 33 54	0,902 419 0	0,746 601 2	Hubbard.
1832.	Nov. 26 3 2 27	110 0 5	248 14 46	13 13 1	0,879 014 8	0,751 468 2	Santini.
1846. {	Fév. 11 0 19 12	109 2 53	245 54 15	12 34 53	0,856 446 5	0,756 662 3 }	Hubbard.
	» 10 22 19 43	109 2 54	245 54 17	12 34 55	0,856 464 9	0,756 606 0 }	
1852. {	Sept. 22 6 41 56	109 8 17	245 51 26	12 33 16	0,860 601 6	0,755 921 7 }	Hubbard.
	» 22 22 47 46	109 8 16	245 51 28	12 33 19	0,860 622 0	0,755 865 0 }	

Le changement assez considérable des éléments entre 1772 et 1806 est dû à ce qu'au commencement de juin 1794 la comète s'est approchée à la distance 0,47 de Jupiter.

Son orbite vient passer fort près de celle de la Terre, dans la longitude d'environ 72 ½°. *Olbers,* qui l'avait remarqué dès 1826 (ANn, IV, 1826, 501. — Comparez : BaJ, 1829, 124), estimait alors la plus courte distance des deux trajectoires à 133 ⅓ rayons terrestres. La route de cette comète coupe aussi à peu près celle de la comète de *Encke,* et celle des météorites de novembre ou Léonides.

La comète a été vainement attendue depuis 1852. On aurait dû la revoir en 1859, en 1866, en 1872 et en 1879; mais on ne l'a point aperçue. Elle devrait revenir encore en avril 1886.

Un essaim remarquable d'étoiles filantes ayant été observé en Europe, le 27 novembre 1872, avec un radiant dans la constellation d'Andromède, *Klinkerfues* eut l'idée que ce pourrait être une manifestation de la comète, dont la Terre coupait presque l'orbite à ce moment. Il télégraphia à *Pogson,* à Madras, de chercher l'astre vers le point de convergence, près de θ Centauri, où cet astronome trouva en effet une comète. Malheureusement il ne put l'observer que les 2 et 3 décembre (ANn, LXXX, 1873, 333). Mais *Bruhns* a montré que la marche de l'astre était incompatible avec celle qu'aurait affectée la comète de Biela (Leipzig, Vjh, X, 1875, 8. — Comparez : ANn, LXXXVI, 1875, 219).

Cet astronome croit que la rupture de cette dernière a été l'effet de sa collision avec les météorites de novembre, qui a dû arriver vers la fin de 1845. La comète a encore recoupé le courant de ces astéroïdes en 1865, époque où elle a peut-être fini par être dissipée (*Kirkwood,* Meteoric astronomy, 12°, Philadelphia, 1867; p. 24).

Comète de d'Arrest.

(Période : 6 ½ ans environ.)

Cette comète a été découverte par *d'Arrest,* à Leipzig, le 27 juin 1851 (ANn, XXXII, 1851, 327), et c'est le même astronome qui, en calculant l'orbite, a reconnu la périodicité (ANn, XXXIII, 1852, 33).

Cette comète se meut également dans le sens direct. Elle a été revue en 1857, en 1870 et en 1877, mais non en 1864. En voici les éléments, calculés directement d'après les observations, par *Schulze* (ANn, LIX, 1863, 189), pour 1851 et 1857, et établis par le calcul, en tenant compte des perturbations, par *Leveau* (Paris, MOb, XIV, I, 1877, B1), pour 1870 et 1877.

Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1851. Juill. 9j 2h48m36s	322°55′29″	148°24′25″	13°55′ 8″	1,173 348	0,659 267 4	Schulze.
1857. Nov. 28 19 45 35	323 2 19	148 26 17	13 56 1	1,170 408	0,659 809 4	Schulze.
1870. Sept. 22 13 43 57	318 41 25	146 25 57	13 39 17	1,280 018	0,635 004 2	Leveau.
1877. Avril 10 8 8 50	319 6 44	146 6 57	15 43 9	1,318 123	0,627 804 8	Leveau.

De 1860 à 1862, l'action de Jupiter sur cette comète a été considérable, et a modifié, comme on le voit, les éléments.

Le prochain passage au périhélie aura lieu en octobre 1883.

Comète de Weiss.

(Période : 6 $\frac{1}{5}$ ans?)

Pons avait découvert, le 23 février 1818, une comète dont on n'eut que quatre observations (ZfA, V, 1818, 151). Le 10 novembre 1873, *Coggia* trouva un astre (ANn, LXXXII, 1873, 317), qui fut reconnu par *E*$_1$. *Weiss* pour une réapparition du précédent (ANn, LXXXII, 1873, 320). La durée de la révolution pourrait bien être un multiple des 6^{ans},20 admis par cet astronome.

Voici les éléments de cette comète; ceux de 1818 ont été calculés dans la parabole.

Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1818. Fév. 3^j 5^{h}23^m	76°18′	256° 1′	34°11′	0,693 9	1	Hind.
1873 Déc. 3 2 52 46^s	85 29 56″	248 37 3″	26 29 1″	0,775 334	0,770 318	Weiss.

Cette comète aurait dû revenir au périhélie en février 1880; mais elle n'a pas été revue. Son prochain retour est attendu en avril 1886.

Première Comète périodique de Tempel.

(Période : 6 ans à fort peu près.)

Une comète, découverte par *Tempel* le 3 avril 1867 (ANn, LXIX, 1867, 63), fut trouvée elliptique par *Becker* (ANn, LXIX, 1867, 149). On l'a revue, d'après les positions annoncées, en 1873 et en 1879.

Voici les éléments à ces époques. Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1867. Mai 23^{j}22^{h}14^{m}44^s	236° 9′24″	101°10′10″	6°24′35″	1,563 56	0,509 706	Sandberg.
1873. Mai 9 15 22	237 58 8	78 43 21	9 46 26	1,771 61	0,463 077 3	R. Gautier.
1879. Mai 6 23 46	238 11 30	78 45 37	9 46 32	1,769 30	0,463 040 7	R. Gautier.

La comète s'étant approchée à 0,28 de Jupiter, en janvier 1870, les perturbations entre les retours de 1867 et 1873 ont été fort considérables.

Le prochain passage par le périhélie aura lieu en avril 1885.

Comète de Winnecke.

(Période : environ 5 $\frac{5}{8}$ ans.)

Winnecke découvrit une comète, à Bonn, le 8 mars 1858 ; il signala presque immédiatement la ressemblance de ses éléments avec ceux de la comète 1819 juillet 18, et montra que l'orbite est elliptique (**ANn, XLVIII, 1858, 75, 77, 157**).

La comète de *Winnecke* n'a pas été revue en 1864, mais bien en 1869 et en 1875. En 1880, elle était dans une situation trop défavorable pour qu'on pût l'observer.

Depuis 1858, on a suivi les éléments non plus d'après les observations, mais par l'application des perturbations. *Clausen* a fait un grand travail (**Leipzig, Vjh, VI, 1871, 4**) sur l'altération des éléments par les attractions planétaires, dans la période de 1819 à 1858.

Voici les éléments de l'orbite.

Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1819. Juill. 18j21h45m59s	274°40′26″	115°10′21″	10°42′48″	0,775 638 7	0,755 190 35	Encke.
1858. Mai 2 1 0 42	275 38 59	113 32 25	10 48 11	0,768 967 0	0,755 004 4	Linsser.
1869. Juin 29 22 38 16	275 55 24	113 33 4	10 48 17	0,781 558	0,751 942	von Oppolzer.
1875. Mars 12 1 49 59	276 37 50	111 29 21	11 17 2	0,828 966	0,741 006	von Oppolzer.
1880. Déc. 4 7 31 4	276 45 22	111 31 5	11 16 57	0,830 574	0,740 606	von Oppolzer.

Il semble à *von Oppolzer* qu'il y a lieu de tenir compte de l'effet du milieu résistant (**Leipzig, Vjh, XII, 1877, 8**).

Le passage suivant par le périhélie aura lieu en août 1886.

Comète de Brorsen.

(Période : 5 $\frac{1}{2}$ ans.)

Découverte par *Brorsen*, à Kiel, le 26 février 1846 (**ANn, XXIV, 1846, 59**). Les éléments, calculés en commun par *Brünnow* et *d'Arrest*, en montrèrent presque aussitôt la périodicité (**ANn, XXIV, 1846, 45**).

Cette comète n'a pas été revue en 1851, mais à l'apparition suivante, en 1857. On ne l'a pas non plus aperçue en 1863; mais on a pu l'observer en 1868, 1873 et 1879.

Voici les éléments relatifs à ces diverses apparitions. Ceux de 1873 sont liés à ceux de 1868 par le calcul des perturbations, rendant ainsi solidaires les deux séries d'observations faites dans ces années. Ces éléments sont ensuite étendus à 1879 par la théorie.

Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1846. Fév. 25j10h18m46s	116°28′31″	102°34′ 6″	31° 1′ 2″	0,649 886 7	0,796 217 8	Galen.
1857. Mars 28 16 13 40	115 46 25	101 45 15	29 48 53	0,620 596 1	0,802 294 6	Bruhns.
1868. Avril 17 10 17 17	116 2 9	101 14 3	29 22 26	0,597 034 3	0,807 972 8	Schulze.
1873. Oct. 10 11 49 8	116 2 50	101 12 34	29 24 33	0,593 808 6	0,808 830 2	Schulze.
1879. Mars 30 2 0 24	116 13 3	101 19 16	29 23 19	9,598 900 6	0,809 794 4	Schulze.

Le 27 mai 1842, cette comète s'était approchée à une distance 0,055 seulement de Jupiter (*Harzer*, Untersuchung über Brorsen's Comet im Jahre 1842, 4°, Leipzig, 1878; p. 37). Elle a dû décrire alors une hyperbole par rapport à cette planète. L'orbite ayant été totalement changée par cette approche, il n'y a pas lieu de s'étonner qu'on n'ait pas trouvé d'observations antérieures à 1846.

Le prochain retour au périhélie arrivera en septembre 1884.

Troisième Comète périodique de Tempel [de Tempel et Swift].

(Période : 5 ½ ans à très peu près.)

Cette comète fut découverte la première fois par *Tempel*, le 27 novembre 1869 (**ANn, LXXV, 1870, 95**). *Bruhns* avait reconnu, dès cette apparition (**ibid., 182**), que les éléments paraboliques ne représentaient pas convenablement les observations. Cette comète fut redécouverte par *Swift*, le 10 octobre 1880 (**London, MNt, XLI, 1881, 3, 4**). L'identité s'est trouvée alors constatée. L'astre avait dû revenir en 1875, mais n'avait pas été revu.

Voici les éléments. Ceux de 1880 sont transportés à cette époque à l'aide du calcul des perturbations.

Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1869. Nov. 18j18h40m18s	42°58′20″	296°44′13″	5°23′48″	1,063 071	0,658 132 3	Schulhof & Bossert.
1880. Nov. 7 23 19 13	43 4 40	296 51 26	5 23 0	1,066 973	0,655 304 8	Schulhof & Bossert.

La position de l'astre étant fort défavorable dans les passages au périhélie d'ordre pair, on ne peut guère espérer de le revoir qu'au second retour prochain, en octobre 1891.

Deuxième comète périodique de Tempel.

(Période : 5 ¼ ans environ.)

Cette comète a été découverte par *Tempel*, à Milan, le 3 juillet 1873 (**ANn, LXXXII, 1873, 79**). *Schulhof* en reconnut la périodicité (**ANn, LXXXII, 1873, 125**).

Les éléments de la première apparition ont été transportés, par le calcul des perturbations, à l'année 1878, époque où la comète, qui était attendue, a été revue.

Voici ces éléments. Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1873. Juin 25j 8h25m33s	306°4′53″	120°54′41″	12°44′28″	1,343 67	0,549 780 4	Schulhof.
1878. Sept. 7 5 54 10	306 7 42	121 0 46	12 46 2	1,399 55	0,553 727 0	Schulhof.

Le prochain passage par le périhélie aura lieu en novembre 1883.

Comète de Encke [de Pons].

(Période : 3 $\frac{1}{3}$ ans.)

La comète de Encke avait été observée et calculée dans la parabole, en 1786, 1795 et 1805, sans qu'on en eût reconnu la périodicité. Dans ces apparitions, elle avait été découverte respectivement par *Méchain, Caroline Herschel* et *A. Bouvard* (*Carl*, Repertorium der Cometen-Astronomie, 8°, München, 1864 ; p. 333). En 1818, *Pons* la découvrit à Marseille, le 26 novembre (BaJ, 1822, 192). *Encke* en reconnut la périodicité en calculant l'orbite (Cas, II, 1819, 207). Depuis lors, elle a été revue dix-huit fois aux époques annoncées.

Nous donnons ci-dessous le tableau des éléments, suivis d'apparition en apparition, d'après les observations et le calcul des perturbations.

Le sens du mouvement est direct.

Passage au périhélie t. m. Paris.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
1786. Janv. 30j21h 7m12s	156°38′ 0″	334° 8′ 0″	13°36′ 0″	0,334 82	0,848 36	Encke.
1795. Déc. 21 10 44 22	156 41 20	334 39 22	13 42 30	0,334 429 5	0,848 882 8	Encke.
1805. Nov. 21 12 9 11	156 47 24	334 20 10	13 33 30	0,340 421 3	0,846 175 3	Encke.
1819. Janv. 27 6 18 14	156 59 12	334 33 19	13 36 54	0,335 256 4	0,848 584 1	Encke.
1822. Mars 23 23 16 1	157 11 44	334 25 9	13 20 17	0,345 969 8	0,844 464 3	Encke.
1825. Sept. 16 6 42 38	157 14 31	334 27 30	13 21 24	0,344 853 7	0,844 885 5	Encke.
1829. Janv 9 18 3 28	157 17 53	334 29 32	13 20 34	0,345 544 4	0,844 624 5	Encke.
1832. Mai 3 23 34 6	157 21 1	334 32 9	13 22 9	0,343 471 4	0,845 414 1	Encke.
1835. Août 26 8 48 53	157 23 29	334 34 59	13 21 15	0,344 436 3	0,845 035 6	Encke.
1838. Déc 19 0 26 59	157 24 4	334 36 41	13 21 18	0,344 039 7	0,845 177 5	Encke.
1842. Avril 12 0 35 30	157 29 27	334 39 10	13 20 26	0,345 013 5	0,844 790 4	Encke.
1845. Août 2 15 11 11	157 44 21	334 19 33	13 7 34	0,338 143 3	0,847 436 2	Encke.
1848. Nov. 26 2 53 31	157 47 8	334 22 12	13 8 36	0,337 032 5	0,847 828 0	Encke.
1852. Mars 14 19 15 46	157 51 2	334 23 21	13 7 55	0,337 446 9	0,847 672 6	Encke.
1855 Juill. 1 4 49 21	157 53 12	334 26 24	13 8 9	0,337 100 9	0,847 786 9	Encke.
1858. Oct. 18 8 50 54	157 57 30	334 28 34	13 4 15	0,340 724 5	0,846 391 5	Encke.
1862. Fév. 6 4 17 10	158 0 13	334 30 50	13 5 0	0,339 898 0	0,846 709 4	Encke.
1865. Mai 29 23 59 16	158 4 10	334 33 0	13 3 51	0,340 962 7	0,846 295 3	Von Asten.
1871. Déc. 28 19 32 47	158 14 14	334 35 11	13 7 27	0,332 996 5	0,849 352 9	Von Asten.
1875. Avril 12 23 58 1	158 17 39	334 37 12	13 7 23	0,332 932 0	0,849 418 4	Von Asten.
1878. Juill. 26 2 56 18	158 19 41	334 39 10	13 6 40	0,333 752 9	0,849 166 9	Von Asten.
1881. Nov. 15 1 43 9	158 30 5	334 34 3	12 53 0	0,343 005 4	0,845 496 9	Backlund.

Le prochain passage au périhélie est attendu pour le mois de mars 1885.

Nous avons fait connaître (§ 148, p. 362) comment la comète de Encke avait montré l'effet de la résistance du milieu. Indépendamment des recherches de *Encke,* que nous avons citées à l'endroit indiqué, il faut renvoyer aussi au grand travail de *von Asten* (§ 148, n° 1899), dans lequel la résistance du milieu sur cette comète est mise magistralement en évidence.

§ 295. DISTRIBUTION.

Olbers et *Bessel* se sont occupés, dans leur correspondance (*Erman,* Briefwechsel zwischen Olbers und Bessel, 2 vol. 8°, Leipzig; vol. I, 1852, p. 35, 42. — Comparez : **Bessel, Abh, III, 1876, 452**), de la probabilité de trouver une comète à différentes distances apparentes du Soleil. On peut voir notamment, à ce sujet, l'article d'*Olbers,* dans **BaJ, 1809, 240.**

L'influence des saisons de l'année sur le nombre des comètes que l'on parvient à découvrir, a été considérée par *Zenger* (**Spettr. ital., Mem, VIII, 1879, 65**).

Quant à la distribution des orbites cométaires dans l'espace, elle a d'abord été envisagée par *Bode* (**Berlin, Mém., 1786-87, 341**). Mais le nombre des comètes calculées était alors trop peu considérable pour permettre de compter sur les conclusions. Plus tard, cet astronome est revenu sur son premier travail, en considérant les périhélies de 98 comètes (**BaJ, 1812, 158**).

Parmi les recherches plus récentes, il faut citer celles de

2801. **Carrington, R.** On the distribution of the perihelia of the parabolic and hyperbolic comets in relation to the motion of the solar system in space. **London, MAS, XXI, 1861, 355.**

On verra aussi

2802. **Schuberth, H.** Ueber die Vertheilung der Perihelien und die Neigung der Bahnen von 258 Kometen. **WfA, XVII, 1874, 313.**

Une classification des comètes périodiques, c'est-à-dire des comètes dont la trajectoire est représentée par une ellipse, que ces comètes aient été revues ou non, a été essayée par *d'Arrest* (**Leipzig, Ber, 1851, 31**). Cette étude a été reprise par *Lardner* (**London, MNt, XIII, 1853, 188.** — Comparez : *Lardner,* The museum of science and art, 12 vol. 8°, London; vol. XI, 1856, p. 173). Cet auteur range dans une 1re classe celles de ces comètes qui restent en dedans de l'orbite de Saturne. Elles

sont caractérisées par un mouvement, en sens direct, des inclinaisons faibles, et occupent, à bien peu près, une moitié seulement de l'espace héliocentrique, celui qui a pour médiane la longitude de 210°.

La classe II renferme les comètes dont les moyennes distances sont voisines de celle d'Uranus, et qui dépassent, dans leurs aphélies, l'orbite de Neptune. Une grande majorité de ces astres ont encore le mouvement direct, et leurs orbites se groupent aussi dans un hémisphère héliocentrique, ayant pour médiane la longitude de 225°.

Enfin, dans la classe III, sont les comètes dont les moyennes distances excèdent les limites du système planétaire. Ici les comètes rétrogrades deviennent plus nombreuses, sans atteindre toutefois au chiffre des comètes directes, et les inclinaisons augmentent, sans dépasser pour la plupart 60°.

Laplace croyait qu'il existait plus de chances de rencontrer des orbites hyperboliques que des orbites elliptiques (**CdT, 1816, 220**). Mais cette conclusion a été contestée par *Gauss* (Göttingische Gelehrte Anzeigen, 4°, Göttingen; St. XL, 1815, p. 385. — Reproduit : **Gauss, Wrk, VI, 1874, 581**). Voyez sur le même sujet un article de *Schiaparelli* (Rendiconti dell' Istituto Lombardo, classe di scienze matematiche e naturali, serie II[a], 8°, Milano; vol. VII, 1874, p. 77).

Sur la question de la rencontre des comètes avec la Terre, on peut lire :

2803. **Dusėjour, D,** Essai sur les comètes en général, et en particulier sur celles qui peuvent approcher de l'orbite de la Terre; 8°, Paris, 1775.

2804. **Lambert, J. H.** Ueber die Kometen welche der Erde nahe vorbeigehen. **BaJ, 1802, 154.**

Mémoire posthume, traduit du français par *J. Soldner,* sur le manuscrit.

2805. **Olbers, W.** Ueber die Möglichkeit dass ein Comet mit der Erde zusammenstossen könne. **MCz, XXII, 1810, 409; XXIII, 1811, 90.**

§ 296. CONSTITUTION PHYSIQUE.

Le premier fait qui frappe dans l'observation physique des comètes, c'est leur caractère nébuleux et leur transparence.

La possibilité d'apercevoir des étoiles à travers les nébulosités cométaires était déjà connue d'*Aristote* (*Aristoteles,* Meteorologica [G], lib. I, cap. 6, 11). *Sénèque* dit qu'on voit à travers ces astres comme à travers un nuage (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 18). *T. Brahé,* voyait des étoiles à travers la queue de

la comète de 1577 (*Brahé,* Epistolae astronomicae, 4°, Uraniburgi, 1596 [ou 1610]; p. 145). Depuis l'invention du télescope, cette observation a été maintes fois renouvelée (voir notamment : **London, PTr, 1795, 60; 1807, 266; Cas, VII, 1822, 252; VIII, 1823, 87; BaJ, 1828, 151; ANn, VII, 1829, 169,** et nombre d'observations plus récentes). Aussi, dès la fin du siècle dernier, *Olbers* affirmait-il hardiment que les comètes ne sont pas des corps solides (**BaJ, 1802, 200**).

On consultera, sur les conséquences à tirer de leur translucidité, l'article de

2806. Babinet, J. Sur l'absorption de la lumière au travers des comètes. **Paris, Crh, XLIV, 1857, 885.**

Des indices sur la constitution des comètes nous sont fournis dans deux circonstances particulières. Il y a des comètes qui ont passé devant le Soleil. On se demande quel aspect elles présentaient alors. Tel a été le cas, par exemple, pour la comète du 27 juin 1819 (**BaJ, 1823, 133**). Il existe à ce sujet une note de

2807. Hind, J. R. On the transit across the Sun's disk of the second or great comet of 1819. **London, MNt, XXXVI, 1876, 309.**

Voyez aussi

2808. Bode, J. E. De l'apparition prétendue d'une comète sur le disque du Soleil en 1798. **Berlin, Mém$_3$, 1799-1800, 189.**

L'autre circonstance à laquelle nous faisons allusion est le passage de la Terre à travers la queue d'une comète. Cet événement a dû arriver notamment le 3 juin 1861, pour la comète qui a passé au périhélie le 11 juin de ladite année. Voyez l'article de

2809. Liais, E. Rencontre de la Terre avec la queue de la grande comète de 1861. **Paris, Crh, LXI, 1865, 950.**

Secchi a parlé également de ce phénomène (Annali di matematica pura ed applicata di *Tortolini*, 4°, Roma; vol. III, 1861, p. 380). L'effet produit a été d'une nature vague et indécise. Ce jour-là, dit *Lowe*, le ciel avait « a curious sort of a glare, » tel que si c'eût été le soir, il aurait cru à une aurore boréale (The English mechanic and world of science, 4°, London; vol. XXXIV, 1881, p. 275).

Des inductions d'un autre genre nous sont fournies par la nature de la lumière des comètes. On peut s'assurer, dit *Arago* (**Arago, Ape, II, 1855, 431**), que ces astres ne brillent pas d'une lumière propre, puisqu'ils disparaissent par affaiblissement

d'éclat et non par réduction du diamètre apparent. En 1835, ce célèbre astronome eut l'occasion de se convaincre, sur la belle comète de Halley, que la lumière de cet astre était de la lumière réfléchie (ibid., p. 441).

Depuis que l'on possède les moyens d'analyse spectrale, on s'est trouvé à même d'examiner le spectre d'un grand nombre de comètes. Le premier astronome qui tourna le spectroscope vers un de ces astres fut *Donati*, lors de l'apparition de la comète 1864 juillet 27 (ANn, LXII, 1864, 378). Comme il serait impossible de citer ici les observations particulières, nous renverrons au résumé des travaux spectroscopiques sur les comètes, donné en 1873 par *H. C. Vogel*, sous le titre :

2810. **Vogel, H. C.** Ueber die Spectra der Cometen. **ANn, LXXX, 1873, 183.**

Un résumé plus récent, et par conséquent plus complétement au courant des découvertes réalisées dans cette branche de l'astronomie physique, se trouve dans

2811. **Hasselberg, B.** Ueber die Spectra der Cometen und ihre Beziehung zu denjenigen gewisser Kohlenverbindungen. **Saint Pétersbourg, Mém, XXVIII, 1880, n° 2.**

La masse des comètes est si faible qu'il est impossible de la tirer de leur action sur la marche des planètes. *Laplace* a pu seulement calculer une limite à la masse de la comète 1770 août 14, qui s'était fort approchée de la Terre. Il trouve que la masse de cet astre n'était pas 0,000 2 de celle de notre globe (**Laplace, TMc, IV, 1805, liv.** IX, **ch. iij, n° 14**). *G. Calandrelli* supposait que la limite de l'atmosphère de la comète était aussi la limite de sa sphère d'attraction (Opuscoli astronomici, 8 vol. 4°, Roma; [vol. III], 1808). *I. Calandrelli* déduit de cette théorie, pour la comète de Donati ou 1858 septembre 29, le chiffre 0,000 000 000 78 de la masse de la Terre (**Roma, Att, XIII, 1860, 261, 355**). *Faye* donne à la même comète une masse 0,000 000 004 3 de celle de notre globe (**Paris, Crh, XLVII, 1858, 841**).

Roche a calculé, d'après le principe de *G. Calandrelli*, les masses de différentes comètes en fonction de celle de la Terre. Nous prenons ses résultats dans un tableau inséré au **WfA, III, 1860, 355** :

Comète	1680 déc. 17	0,000 000 1
—	1744 mars 1	008 078
—	1759 nov. 27	000 000 093
—	1769 oct. 7	000 2
—	1807 sept. 18	000 038
—	1811 sept. 12	000 3

Ajoutons

Comète	1858 sept. 29	000 000 132

d'après le même physicien (Académie des sciences et lettres de Montpellier, mémoires de la section des sciences, 4°, Montpellier; vol. IV, 1860, p. 457).

Hevelius avait établi (Cometographia, fol., Gedani; p. 555), dès 1668, que les têtes des comètes éprouvent des variations réelles de volume. Ce fut seulement en 1831 que *Valz* ramena l'attention sur cette question importante. Il considérait notamment la comète de Encke, et montrait que le volume de cet astre se contracte à mesure que sa distance au Soleil diminue (**ANn, VIII, 1831, 321**). S'agissait-il d'une compression croissante de la matière cométaire, ou bien, comme l'auteur en émettait le doute, la réduction de volume ne provenait-elle pas, au moins en partie, d'un changement dans l'état physique (**ibid, 326**)? L'évaporation, a dit de son côté *J₁. Herschel* (**London, MNt, VI, 1846, 104**), peut faire passer à l'état de transparence une partie de la matière de la tête, et par là diminuer le volume visible.

Pour étudier ce qui se rattache à l'aspect physique des comètes, ainsi qu'aux phénomènes qui se passent dans ces corps, on pourra consulter les ouvrages et mémoires suivants :

2812. **Lambert, J. H.** Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues; 8°, Augsburg, 1761.

Traductions.

Système du monde; 8°, Bouillon, 1770.

Lettres cosmologiques sur l'organisation de l'univers (par *J. M. C. d'Utenhove*); 8°, Amsterdam, 1801.

2813. **Herschel, W.** Observations of a comet, with remarks on the construction of its different parts. **London, PTr, 1812, 115.**

2814. **Schroeter, J. H.** Beobachtungen und Bemerkungen über den grossen Cometen von 1811; 8°, Göttingen, 1815.

2815. **Westphal, J. H.** Beobachtungen des diesjährigen Kometen. **BaJ, 1827, 131.**

2816. **Gruithuisen, F. v. P.** Ueber Kometennatur bey Gelegenheit der Erscheinung des Encke'schen Kometen 1838. Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher, 8°, München; année 1840, p. 18.

2817. **Struve, O. & Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858. **Saint Pétersbourg, Mém, II, 1860, n° 1.**

Ce mémoire contient un travail de *Winnecke,* intitulé : Untersuchungen über die Natur der Cometen.

2818. **Bond, G. P.** Account of the great comet of 1858. **Cambridge, Ann, III, 1862, 1.**

2819. **Winnecke, A.** Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, nebst einige Bemerkungen. **Saint Petersbourg, Mém, VII, 1864, n° 7.**

2820. **Guillemin, A.** Les comètes; 8°, Paris, 1874.

Avec 80 figures et 5 grandes planches en couleur.

2821. **Norton, W. A.** Coggia's comet, its physical condition and structure; physical theory of comets. **AJS_3, XV, 1878, 160.**

§ 297. EFFLUVES COMÉTAIRES.

Nous avons réservé plus particulièrement pour ce § les questions qui se rattachent aux matières émises par le noyau des comètes, et par conséquent ce qui concerne les développements de la chevelure, les aigrettes, la barbe, la queue principale et les queues adventives.

Lorsque l'effet du Soleil commence à prendre de l'importance, le noyau laisse échapper de la matière nébuleuse du côté de cet astre. L'effluve, dit *Hooke,* parlant de la grande comète de 1680, se porte d'abord vers le Soleil, puis il rebrousse pour former la queue (*Hooke,* Posthumous works, fol., London, 1705; p. 162. — Comparez : **London, MNt, XIV, 1854, 77**). Il existe à ce sujet une note de

2822. **Schmidt, J. F. J.** Ueber die Bewegung der Lichtmaterie des Cometen innerhalb der Coma. **ANn, LVI, 1862, 217.**

En s'étalant en aigrettes autour du noyau, la matière émise présente une tendance à se stratifier. On peut voir sur ce point un article de

2823. **Barthélemy, A.** Note sur la stratification de la queue de la comète Coggia. Bulletin de l'Association scientifique de France, 8°, Paris; vol. XIV, 1874, p. 392.

Quant à la direction générale de la queue, elle est dans le prolongement du rayon vecteur. C'est là un premier fait d'observation. *Senèque* savait déjà que les queues des comètes se dirigent du côté opposé au Soleil : « comae radios Solis effugiunt » (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 20). Les Chinois l'avaient reconnu, à l'occasion de la comète de 837 (*E. Biot,* dans **Paris, Crh, XVI, 1843, 751**).

En occident, *Fracastor* énonça, de son côté, que les queues des comètes sont opposées au Soleil (*Fracastor,* Homocentrica sive de stellis; 4°, Venetiis, 1535). *Bienewitz,* plus connu sous le nom d'*Apian,* avait fait cette remarque sur la comète de Halley, en 1531; mais ce fut seulement après avoir retrouvé la même disposition dans cinq autres comètes, qu'il s'éleva à la conception d'une règle générale (*Apianus,* Astronomicum cæsareum; fol., Ingostadii, 1540).

C'est l'effluve du noyau qui fournit au développement de la queue. Celle-ci, animée du mouvement de translation de la comète, suit l'astre dans sa marche; mais à mesure que la distance d'une particule au Soleil va en augmentant, cette particule reste un peu en arrière. *Hevelius* (Cometographia, fol., Gedani, 1668; p. 499) avait déjà remarqué que la courbure des queues cométaires se fait du côté d'où l'astre vient, attestant ainsi que l'extrémité de ces queues est en retard sur le mouvement.

En ce qui concerne la situation et la courbure des queues des comètes, on trouvera une première étude dans

2824. **Brandes, H. W.** De cometarum caudis disquisitio mathematica, pars prima; 4°, Lipsiae, 1830.

Cette première partie est la seule qui ait été publiée.

Voyez aussi:

2825. **Valz, B.** Déviation des queues des IVe et V^e^ comètes de 1863 hors du plan de l'orbite. **Paris, Crh, LVIII, 1864, 851.**

Nul doute que le développement quelquefois immense des queues des comètes ne se fasse aux dépens du noyau. Lorsque la matière émissive était épuisée, on a vu même la queue se détacher de la tête, et marcher à côté d'elle en laissant une lacune. Tel a été le cas, dès avant le passage au périhélie, pour la comète 1873 octobre 1 (*Bredichin,* dans Copernicus [Urania], 4°, Dublin; vol. I, 1881, p. 102).

Mais si l'existence d'une force anti-solaire paraît évidente, il s'en faut de beaucoup qu'on soit d'accord sur la nature de cette force. Le nombre des théories présentées dans le dessein d'expliquer la formation des queues des comètes est considérable. Nous allons essayer de les classer en les mentionnant.

La première théorie, celle de la *force répulsive,* prend simplement comme un fait la répulsion exercée par le Soleil, et analyse cette force par ses effets.

On peut dire que cette théorie remonte à *Képler* (*Keplerus,* Astronomia nova, fol., Pragae, 1609; cap. 34. — Reproduit : **Keplerus, Opa. III, 1860, 304**). Toutefois elle ne fut positivement appliquée aux comètes que par *Olbers,* dans l'article :

2826. **Olbers, W.** Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811 **MCz, XXV, 1812, 16.**

Les formules propres à calculer les effets de cette force furent données dans le mémoire célèbre :

2827. Bessel, F. W. Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Kometen. APC_1, XXXVIII, 1836. 498. Aussi ANn, XIII, 1836, 186.

Traduction.

Observations sur la constitution physique de la comète de Halley (par *E. Plantamour*). CdT, 1840, 79.

Cette théorie est fortement appuyée dans les travaux que nous allons citer :

2828. Herschel, J. F. W. Observations of Halley's comet, with remarks on its physical condition, and that of comets in general.

Dans ses Results of astronomical observations made.... at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847 ; p. 393.

2829. Faye, H. Sur les comètes et sur l'hypothèse d'un milieu résistant. Paris, Crh, XLVII, 1858, 836.

Il faut joindre les remarques critiques de *Le Verrier* (ibid., p. 891), et la réponse de *Faye* (ibid., p. 939).

2830. Roche, E. Recherches sur les atmosphères des comètes. Paris, MOb, V, 1859, 353.

2831. Pape, K. F. Untersuchungen über die Erscheinungen des grossen Cometen von 1858. ANn, XLIX, 1859, 309.

2832. Peirce, B. On the theory of the comet's tail. AJl, V, 1859, 186; VI, 1861, 50.

Ce travail contient une application à la comète de Donati ou 1858 juin 5. Dans le second article, se trouvent des tables où l'on voit, pour différentes dates, les instants auxquels les particules des différentes sections de la queue ont dû quitter le noyau.

2833. Schiaparelli, G. V. Sulla direzione iniziale della coda delle comete. Il nuovo cimento, giornale di fisica, 8°, Pisa; vol. XII, 1860, p. 380.

Les recherches les plus récentes et les plus étendues sur cette question sont celles que *Bredichin* a publiées depuis quelques années, savoir :

2834. Bredichin, T. Remarque générale sur les comètes. Moscou, Ann, V, I, 1878, 96; V, II, 1879, 29.

La valeur de la force répulsive du Soleil est calculée pour plusieurs comètes.

2835. **Bredichin, T.** Recherches sur les queues des comètes. **Moscou, Ann, V, II, 1879, 46; VI, 1879, 44; VII, I, 1880, 1; VII, II, 1881, 54.**

Figure de la queue dans l'hypothèse de la force répulsive. Trois valeurs particulières du coefficient de cette force donnent trois courbes distinctes, et semblent indiquer trois matières émissives différentes. C'est ce que l'auteur a examiné dans le mémoire :

2836. **Bedichin, T.** Sur la constitution des comètes. **Moscou, Ann, VI, 1879, 59.**

Au reste, cet astronome était arrivé à cette étude détaillée, en commençant par des recherches sur les queues adventives :

2837. **Bredichin, T.** Sur les formes anomales dans le développement des comètes. **Moscou, Ann, III, 1877, 1; IV, 1878, 54.**

Ces divers travaux forment un ensemble. L'auteur a d'ailleurs été heureux, dans l'interprétation qu'il a su déduire de quelques principes simples. Ainsi il explique les apparences présentées par la comète 1862 août 22, en supposant deux queues, l'une permanente, l'autre produite par une volatilisation, et partant d'un noyau en oscillation par rapport au rayon vecteur, sous la réaction de l'évaporation même. Il devait en résulter que cette queue adventive s'élevait en S allongé, qui par perspective semblait s'entrelacer avec la queue principale (**ANn, LXXXVII, 1876, 239.** — Reproduit : **Spettr. ital., Mem, V, 1876, app. 165**).

La théorie qui se rapproche le plus de la force répulsive est celle de la légèreté spécifique des particules qui vont composer la queue. On en trouve le germe dans *Newton* (**Newtonus, PPm, 1687, lib. III, prop. 41**), et elle a été présentée ensuite par **Boscovich** (De Cometis, dissertatio habita in Collegio Romano, 4°, Romae, 1746; n°s 68, 69. — Reproduit : **Boscovich, Opa, III, 1785, 355**). L'élévation de température vaporise des matières qui s'élèvent dans le prolongement du rayon vecteur, en raison de leur légèreté spécifique.

Cette théorie est sujette à beaucoup d'objections, et ne suffit pas, entre autres, pour rendre raison de l'extrême vitesse avec laquelle les particules de la queue sont chassées dans certaines comètes (J_1. *Herschel,* Results of the astronomical observations made at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. 408).

Comme il est apparent qu'un effluve se forme du côté du Soleil, cette éjection de matière, soit par voie d'évaporation ou par toute autre cause, doit exercer un effet de recul. *Zenker* voit dans ce recul l'action qui repousse les particules solides et les envoie former la queue :

2838. **Zenker, W.** Ueber die physikalischen Verhältnisse und die Entwickelung der Cometen. **ANn, LXXIX, 1872, 273.**

Indépendamment de l'exposé de sa théorie, l'auteur donne, dans ce travail, un résumé fort complet de l'état des connaissances qu'on possédait, il y a dix ans, sur la constitution physique des comètes.

Zenker est revenu sur sa théorie dans **ANn, LXXXIV, 1874, 103.** Mais ses idées ont rencontré une rude opposition de la part de *Zöllner* (**ANn, LXXXVI, 1875, 249.** — Reproduit dans ses Wissenschaftliche Abhandlungen, 2 vol. 8°, Berlin & Leipzig; vol. II, 1878, p. 701).

L'existence d'une répulsion devait amener les idées vers une théorie électrique. Celle-ci a été développée avec beaucoup de détails par

2839. **Zöllner, J. C. F.** Ueber die Stabilität kosmischer Massen und die physische Beschaffenheit der Cometen. **Leipzig, Ber, 1871, 174.** — 2[e] édit., en publication séparée, sous le titre : Ueber die Natur der Cometen; 8°, Leipzig, 1872. — Reproduit dans ses Wissenschaftliche Abhandlungen, 2 vol. 8°, Berlin & Leipzig; vol. II, 1878, p. 597.

L'auteur est entré dans de nouveaux développements, à l'occasion de sa critique de la théorie de *Zenker :*

2840. **Zöllner, J. C. F.** Ueber die physische Beschaffenheit der Cometen. **ANn, LXXXVI, 1875, 249; LXXXVII, 1876, 273.** — Reproduit dans ses Wissenschaftliche Abhandlungen, déjà cités; vol. II, 1878, p. 701 et p. 752 [ici sous le titre : Ueber die Grösse und elektrische Dichtigkeit der Schweiftheilchen eines Cometen]. Reproduit aussi : **Sir, VIII, 1875, 227 ...; IX, 1876, 101 ....**

On verra encore sur la théorie électrique :

2841. **Reynolds, O.** The tails of comets, the solar corona, and the aurora considered as electric phenomena. Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester; 8°, Manchester; vol. XXV, 1876, p. 44, 53.

On peut enfin rattacher à cette théorie celle qui rapproche les phénomènes comé-taires d'une circulation d'alizés, électriquement lumineux :

2842. **Jamin, J.** Sur les apparences cométaires. **Paris, Crh, XCIII, 1881, 325.**

Diverses tentatives ont été faites, pour expliquer les queues cométaires sans recourir à une force nouvelle, et en employant la seule théorie de la gravitation.

La queue étant à l'opposite du Soleil, on s'est demandé si elle ne serait point un véritable effet de marée, un analogue de la marée antilunaire de notre océan :

2843. **Lehmann, J. W. H.** Einige mechanische Untersuchungen über die Entstehung der Cometenschweife. **BaJ, 1826, 161.**

D'autre part, la force accélératrice qui détermine l'orbite héliocentrique d'un corpuscule, est la somme des attractions du Soleil et de ce corpuscule. On peut en inférer que le corpuscule qui a le plus de masse aura une distance périhélie moindre. Les corpuscules les plus faibles seront ainsi rejetés vers l'extérieur, et formeront la queue de la comète. Telle est la base de la théorie présentée par

2844. **Guist, M.** Ein Beitrag zur Erforschung der Natur der Kometen. **WfA, XIX, 1876, 157....**

Plusieurs théories sont fondées sur l'idée que la queue des comètes est une simple illusion d'optique.

Gergonne voit dans cette queue, et surtout dans ses bords plus brillants, la caustique des rayons solaires, réfractés dans l'atmosphère de la comète, et éclairant au delà les matières gazeuses disséminées dans l'espace :

2845. **Gergonne, J. D.** Essai analytique sur la nature des queues des comètes. Annales de mathématiques pures et appliquées, 4°, Nîmes et Paris; vol. XX, 1830, p. 65.

Pour *Tyndall*, la queue se forme derrière la comète, dans la région de l'espace abritée des rayons solaires. Par analogie avec une expérience de cabinet, ce physicien croit que, dans cet espace, il se produit, par la force actinique, et par l'inégale absorption de rayons d'une réfrangibilité différente, une précipitation de la matière dans le milieu hydrocarburé. Le précipité se dissipe à mesure que le noyau se déplace, et que la lumière passe de nouveau sans obstacle; mais il se reproduit dans les nouvelles parties abritées, et l'effet voyage ainsi avec l'astre.

On trouvera l'exposé de cette théorie, qui ne rend compte ni de la courbure de la queue principale, ni de la présence de queues adventives, dans

2846. Tyndall, J. On a cometary theory. PMg_4, XXXVII, 1869, 241. — En allemand dans Sir, II, 1869, 177 ....

Des objections analogues, encore mieux fondées, s'appliquent à la théorie qui prétend voir dans les limites de la queue, celles de l'ombre portée par la comète. Cette explication supposerait d'ailleurs une queue obscure et non une queue lumineuse. Voyez :

2847. P[irme]z, L. Essai sur la queue des comètes; 8°, Châtelet, 1854. — 2e édit., avec le nom de l'auteur complet, 8°, Bruxelles, 1860.

Il existe enfin une théorie purement optique ou de perspective, dans laquelle on interprète les développements de la queue comme on le ferait des changements d'aspect d'une nuée d'oiseaux, lorsqu'elle s'approche ou s'éloigne obliquement. Voyez :

2848. Tait, P. G. On comets. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh; vol. VI, 1869, p. 553.

§ 298. SYSTÈMES DE COMÈTES.

Toutes les comètes ne doivent pas être considérées comme des astres absolument isolés. On en a vu qui sont couplées et marchent côte à côte. Ce phénomène n'est pas extrêmement rare. *Sénèque* rapporte (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 16) que, suivant Ephoras, grec du — IVe siècle, la comète de — 371 s'était brisée en deux. Il y eut des comètes doubles, en 416, en 813, en 896 (*Chambers,* Descriptive astronomy, 8°, London, 1861; édit. 1867, p. 574, 583, 588). La comète de Biela s'est dédoublée, en 1846, ainsi qu'on l'a rappelé plus haut (§ 294, p. 776). La comète 1860 février 16, nommée d'après *Liais,* était double (Paris, Crh, L, 1860, 763).

D'autres se composaient de plus de deux corps distincts. Ainsi, vers l'an — 450, une comète, dont parle *Aristote* (*Aristoteles,* Meteorologica [G], lib. I, cap. 6), s'était partagée en plusieurs segments. Enfin, la tête de la grande comète de 389 était comme composée de petites étoiles (*Hind,* The comets, 8°, London, 1852; p. 105).

Mais ce que l'on entend proprement par systèmes de comètes, ce sont les groupes formés d'astres qui, bien que séparés aujourd'hui et devenus indépendants, ont une origine commune. La première pensée d'une pareille relation se trouve dans un travail de *S. Alexander,* qui a montré que les trois comètes de 1812 septembre 15, 1815 avril 25 et 1846 mai 5 ont pu se trouver ensemble, vers l'année 1515 ou 1516, dans une grande proximité de la planète Mars. Elles proviennent peut-être, dit-il, de la rupture en trois d'une seule et même comète (AJl, I, 1851, 149).

En examinant de près la marche de certaines comètes, *Hoek* a trouvé, en effet (**London, MNt, XXV, 1865, 244**), qu'il en existe qui ont dû, à un moment donné, se trouver dans un même point de l'espace, et dont quelques-unes marchent encore aujourd'hui à peu près dans un même sillon.

Les systèmes signalés par cet astronome sont composés de la manière suivante (**London, MNt, XXVI, 1866, 1; XXVIII, 1868, 129.** — Aussi : Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, publiées par la Société des sciences à Harlem, 8°, La Haye; vol. IX, 1874, p. 384, 396):

1677 mai 6,	1857 juill. 17,	1860 juin 16,
1683 juill. 13;	1857 sept. 30,	1863 fév. 3,
	1867 nov. 6;	1863 déc. 29.

Kirckwood ajoute (**AJS$_2$, XLVIII, 1869, 255**) :

1812 sept. 15,
1846 juin 1.

On verra sur les systèmes de comètes l'ouvrage spécial de

2849. **Hoek, M.** Recherches astronomiques de l'Observatoire d'Utrecht; 2 livr. 4°, La Haye, 1861-1864.

On trouvera un résumé de ces études dans les Comètes de *Guillemin*, 8°, Paris, 1874; ch. v, § 4, p. 158.

CHAPITRE XXIII.

ASTRONOMIE MÉTÉORIQUE.

---

§ 299. GÉNÉRALITÉS.

Les météores qui sont du ressort de l'Astronomie se présentent sous trois formes différentes : celles des étoiles filantes, des bolides ou globes de feu et des aérolithes.

Les étoiles filantes sont ces petits corps lumineux, mobiles et fugitifs, qui se montrent soudainement dans les nuits sereines. Elles sont mentionnées pour la rapidité de leur disparition par *Aristote* (Meteora [G], lib. I, cap. 22) et par *Sénèque* (Naturales quaestiones [L], lib. I, cap. 14). Elles formeront l'objet principal de ce chapitre.

Les bolides ou globes de feu ne diffèrent des étoiles filantes proprement dites que par les proportions. Il est donc difficile d'établir une ligne de démarcation entre ces deux espèces de manifestations. On pourrait peut-être réserver le nom de bolides aux météores assez brillants pour jeter une ombre. Cette circonstance n'est pas sans se produire assez fréquemment, comme le prouvent, entre autres, les relations de *Chladni* (Ueber Feuer-Meteore, 8°, Wien, 1819; p. 77, 192, 228, 231, 292) et de *Benzenberg* (Die Sternschnuppen, 8°, Hamburg, 1839; p. 233).

Enfin la troisième forme, un peu plus distincte, est celle des aérolithes, nommés aussi météorites, qui viennent jusqu'au sol, et que l'on peut par conséquent recueillir et analyser.

C'est seulement par degrés, et dans un temps relativement récent, que la communauté de nature de ces trois phénomènes a fini par se dégager. *Olbers*, il est vrai, n'avait pas hésité à l'affirmer dans son article du Jahrbuch de *Schumacher* de 1837 (voir plus loin sous le n° 2858). Mais il faut descendre jusqu'en 1862, pour voir enfin prendre pied à l'idée de la connexité entre les étoiles filantes, les bolides et les aérolithes. L'ascendant que cette opinion commença dès lors à acquérir, fut dû surtout aux efforts de *Herrick* (Bruxelles, Bul_2, XIII, I, 1862, 127).

Un aérolithe est déjà mentionné dans le livre de *Josué* (cap. X, v. 11), au — XVI[e] siècle. Le caractère cosmique de ces corps avait été reconnu, dans l'antiquité, par quelques esprits sagaces. *Anaxagoras*, au — V[e] siècle, affirmait que les pierres qui tombent parfois d'une hauteur inconnue ont leur origine en dehors de

notre atmosphère (*Lydus*, De ostentis [VI[e] siècle], 8°, Paris, 1823; cap. 7, p. 25). *Plutarque*, parlant d'un aérolithe tombé l'an — 461, dit que ces corps viennent de l'extérieur de notre globe (*Plutarchus*, De vita Lysandri [G], cap. 22. — Comparez : *Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 58).

Mais l'opinion dominante a été longtemps différente. Après la renaissance des sciences, l'origine atmosphérique des météorites a été défendue par *J₁. Wallis* (London, PTr, 1677, 863), et après lui par une longue suite de physiciens et d'astronomes. Elle a régné pendant tout le dix-huitième siècle.

Cependant, une conception différente s'était fait jour peu à peu. On se demandait si les aérolithes ne seraient pas des pierres lancées de la Lune. Cette idée se trouve dans *Riccioli* (Ricciolus, Alm, I, 1651, 697). Elle fut successivement reprise par *Bouguer* (Paris, H & M, 1744, 270), par *W. Hamilton* (London, PTr, 1767, 195) et par *Schroeter* (Selenotopographische Fragmente, 3 vol. 4°, Göttingen; vol. I, 1791, p. 471).

Laplace étant revenu sur ce sujet (MCz, VI, 1802, 277), *Olbers* (MCz, VII, 1803, 151), *T. Young* (Journal of the Royal Institution of Great Britain, 8°, London; vol. II, 1803, p. 16) et *Poisson* (Bulletin des sciences par la Société philomatique de Paris, 4°, Paris; vol. III, 1805, p. 180. — En allemand dans AdP, XV, 1803, 329) calculèrent la vitesse initiale qu'il faudrait supposer à ces projectiles.

Quant à la théorie astronomique, qui assigne à ces visiteurs une origine cosmique et une trajectoire intra-planétaire, elle fut présentée pour la première fois, dans la science, par *Halley*, à l'occasion d'un bolide observé en Angleterre le 19 mars 1719 (London, PTr, 1719, 978). *Brydone* l'appuya de cette observation importante que les étoiles filantes ne paraissent pas moins élevées, lorsqu'on les voit du haut du St. Bernard ou de l'Etna, qu'elles ne le sont pour l'observateur placé au bord de la mer (A tour trongh Sicily and Malta, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1774, lett. x). Cependant cette théorie demeura dans l'ombre jusqu'à ce que *Gruithuisen* (Neue Analekten für Erd- und Himmelskunde, 8°, München; vol. I, Hft. IV, 1834, p. 58) et *A. de Humboldt* (Cmp, IX, 1837, 387; X, 1838, 485) l'eussent reprise d'une manière sérieuse.

Si l'on désire chercher dans les sources directes les faits d'observation qui composent le bilan de cette branche de la science, on pourra consulter :

2850. **Benzenberg, J. F. & Brandes, H. W.** Versuche die Entfernung, die Geschwindigkeit und die Bahnen der Sternschnuppen zu bestimmen. AdP, VI, 1800, 224. — Tiré à part, Hamburg, 1800.

2851. **Olmsted, D.** Observations on the meteors of 13 Nov. 1833. AJS₁, XXVI, 1834, 132.

2852. Quetelet, A. Sur les étoiles filantes. Cmp, IX, 1837, 180.

Les observations dont il est rendu compte dans cet article avait été exécutées en 1824.

2853. Heis, E. Die periodischen Sternschnuppen und die Resultate der Erscheinungen abgeleiteit aus den während der letzten 10 Jahre zu Aachen angestellten Beobachtungen; 4°, Köln, 1849.

2854. Schmidt, J. F. J. Resultate aus zehnjährigen Beobachtungen über Sternschnuppen; 8°, Berlin, 1852.

2855. Weiss, E_1. Beiträge zur Kenntniss der Sternschnuppen. Wien, Stz, LVII, 1868, 281; LXII, 1870, 277.

2856. Coulvier-Gravier, R. A. & Chapelas, —. Tableau des résultats des observations des étoiles filantes pendant une période de vingt années, 1846-1866. Paris, Crh, LXIV, 1867, 595, 791.

2857. Heis, E. Resultate der in den drei-und-vierzig Jahren 1833 bis 1875 angestellten Sternschnuppenbeobachtungen; 4°, Cöln, 1877.

On trouvera, au contraire, les faits et les théories présentés d'une manière générale, dans les ouvrages qui suivent :

2858. Olbers, W. Die Sternschnuppen. Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher*, 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1837, p. 36, 278. — En français : Cmp, IX, 1837, 392, 416.

2859. Coulvier-Gravier, R. A. & Saigey, J. F. Recherches sur les étoiles filantes, introduction historique; 8°, Paris & Alger, 1847.

2860. Coulvier-Gravier, R A. Recherches sur les météores et sur les lois qui les régissent; 8°, Paris, 1859.

2861. Buchner, O. Die Feuermeteore insbesondere die Meteoriten historisch und naturwissenschaftlich betrachtet; 8°, Giessen, 1859.

Ce livre constitue un fort bon résumé.

2862. Newton, H. A. On shooting stars. Memoirs of the national Academy of science, 4°, Washington, vol. I, 1866, n° 3.

2863. Faye, H. Sur les caractères généraux du phénomène des étoiles filantes. Paris, Crh, LXIII, 1866, 1094; LXIV, 1867, 549.

2864. **Erman, G. A.** Zur Theorie der Sternschnuppen. Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland, 8°, Berlin; vol. XXV, 1867, p. 451.

2865. **Kirkwood, D.** Meteoric astronomy, a treatise on shooting stars, fireballs, and aerolites; 12°, Philadelphia, 1867.

2866. **Schiaparelli, G. V.** Note e riflessioni intorno alla teoria astronomica delle stelle cadenti. Memorie di matematica e di fisica della Società italiana delle scienze, serie III[a], 4°, Modena; vol. I, 1867, p. 153.

Traduction.

Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen (par *G. von Boguslawski*); 8°, Stettin, 1871.

Les tirés à part du texte italien portent Firenze.

2867. **Delaunay, C.** Notice sur la constitution de l'univers : météores, étoiles filantes. Paris, ABL, 1870, 445.

§ 300. AÉROLITHES.

Nous passerons rapidement sur les aérolithes, dont l'étude physique et minéralogique ne rentre pas dans la spécialité de l'astronome. C'est dans les collections de nos musées qu'on étudie aujourd'hui la nature de ces corps mystérieux, que les anciens plaçaient dans leurs temples, en vue de leur rendre un culte. Sur cette circonstance, qui rappelle la conservation de l'aérolithe, tombé à Einsisheim en 1492, dans l'église de ce village d'Alsace, on pourra consulter :

2868. **Dalberg, F. von.** Ueber Meteor-Cultus der Alten, vorzüglich in Bezug auf Steine, die vom Himmel gefallen sind; 8°, Heidelberg, 1811.

Ce qu'il y avait d'inconnu dans le phénomène en faisait le caractère religieux. Faute d'entente et d'organisation, il a fallu attendre jusqu'en 1803 pour constater d'une manière vraiment scientifique les circonstances d'une chute d'aérolithes. Cette année-là, *J. B. Biot* fut chargé de conduire une enquête officielle sur l'événement qui venait d'être signalé à l'Aigle, en Normandie. Son rapport est une pièce historique d'un véritable intérêt :

2869. **Biot, J. B.** Relation d'un voyage fait dans le département de l'Orne, pour constater la réalité d'un météore observé à l'Aigle, le 6 floréal an XI [26 avril 1803]. Paris, Mém$_1$, VI, 1806, his, 224. — Déjà imprimé dans le Journal des mines, 8°, Paris; vol. XIV, 1804. Reproduit dans *Biot, J. B.,* Mélanges scientifiques et littéraires, 3 vol. 8°, Paris; vol. I, 1858, p. 15.

Glauber fut le premier chimiste qui eut la curiosité de soumettre les aérolithes à un examen analytique (*Glauber*, Opus minerale; 8°, Amstelodami, 1651). Toutefois ce ne fut qu'en 1802 que *E. Howard* exécuta la première analyse chimique rigoureuse d'une météorite (**London, PTr, 1802, 168**. — En français dans les Annales de chimie de *G. de Morveau*, 8°, Paris; vol. XLIII, 1802, p. 56, 225. En allemand dans **AdP, XIII, 1803, 291**).

Nous laisserons aux chimistes le soin d'exposer le résultat de pareilles analyses. Nous rappellerons seulement ici qu'au point de vue de la composition élémentaire, l'une des découvertes les plus intéressantes est sans doute celle que *Woehler* a faite de traces de carbone et d'hydrogène, dans l'aérolithe tombé à Kaba, en Hongrie, le 17 avril 1857 (**Wien, Stz, XXXIII, 1858, 205, XXXIV, 1859, 7**).

La présence d'éléments entrant dans la composition des corps organisés a donné lieu de penser que les météorites ont pu porter des êtres vivants. Partant de cette idée, *W. Thompson* et *O. Richter* ont vu, dans les aérolithes, le moyen de disséminer la vie dans l'univers (Cité Science, a weekly record of scientific progress, 8°, New-York; vol. II, 1881, p. 276).

Tout récemment, *Hahn* a reconnu, dans les météorites silicifères, des coraux minuscules, dont il est parvenu à distinguer de nombreuses espèces (*Hahn, O.*, Die Meteorite [Chondrite] und irhe Organismen; 8°, Tübingen, 1881).

L'étude des aérolithes qu'on trouve fossiles, dans les différents assises géologiques, sort également du domaine de l'astronomie. Il suffit ici de mentionner l'existence de ces fossiles, et de rappeler que les plus anciens qui aient été rencontrés jusqu'ici, sont les trois pierres du terrain houiller du Lancashire, décrites par *Binney* (Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester, 8°, Manchester; vol. IX, 1851, p. 306).

La dernière forme ou forme diminutive des météorites est celle des poussières cosmiques. *Ehrenberg* a, le premier, attribué une origine aérolithique au fer répandu dans les poussières de l'atmosphère (**Berlin, Ber, 1848, 370**). L'étude de ces poussières par *G. Tissandier* (**Paris, Crh, LXXVIII, 1874, 821; LXXX, 1875, 58; LXXXI, 1875, 576; LXXXIII, 1876, 75**. — Repris dans son ouvrage : Les poussières de l'air; 18°, Paris, 1877) a montré qu'on y rencontre à la fois des éléments telluriques et des éléments cosmiques; les premiers diminuent à mesure qu'on recueille la poussière à une altitude plus élevée. Le fer est globulaire, et semble, par conséquent, avoir été porté à une haute température. *Yung* a étudié les matières pulvérulentes qu'on trouve déposées sur les neiges des Alpes (Bulletin des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, 8°, Lausanne; vol. XIV, 1877, p. 493). Voyez au reste l'article général de

2870. Lassaulx, A. von. Ueber sogenannten kosmischen Staub. Dans *Tschermak, G.*, Mineralogische und petrographische Mittheilungen, 8°, Wien; vol. III, 1880, p. 517.

Mohr, après avoir coordonné nos connaissances au sujet des météorites, conclut que ces corps nous viennent d'une planète détruite, qui a eu des dimensions notables, un océan, une atmosphère et au moins une création végétale (*Morh, F.*, Geschichte der Erde, eine Geologie auf neuer Grundlage, 8°, Bonn, 1866; p. 500). Une opinion analogue a été défendue par *S. Meunier* (**Paris, Crh, LXII, 1871, 111, 125, 183**), et corroborée par certaines recherches expérimentales de *Daubrée* (**Paris, Crh, LXXXI, 1879, 325**).

§ 301. ÉTOILES FILANTES.

Nous ne séparerons pas les bolides des étoiles filantes, dont ils ne diffèrent que par les dimensions et l'éclat de leur lumière. Les bolides les plus remarquables du XVIIIe siècle, qui commencèrent à attirer sérieusement l'attention sur ces phénomènes, et qui ont ainsi une sorte d'importance historique, furent ceux du 17 juillet 1771 (**JdS_1, 1771, sept.; Paris, H & M, 1771, 668**) et du 18 août 1783 (**London, PTr, 1784, 201**).

Comme règle générale, les étoiles filantes, dit *L. F. Wartmann* (**Bun_2, IX, 1857, 375**), ne descendent pas au-dessous des nuages. Cependant *Behrmann* en a vu une passer par-dessous un nuage épais (**ANn, LXVII, 1866, 337**).

S'il y a des bolides aussi brillants que la pleine Lune, il y a aussi des étoiles filantes très-faibles, qui ne sont visibles que dans le télescope. On les voit passer rapidement dans le champ de l'instrument. *Schroeter* a fait le premier cette observation (**BaJ, 1799, 153**), qui a été souvent répétée depuis. On trouvera sur ce sujet un résumé de *J. Schmidt* dans **WfA, V, 1862, 2**, et l'indication complète des sources dans *Houzeau & Lancaster*, Bibliographie générale de l'Astronomie, vol. II, 8°, Bruxelles, 1882; p. 743-745. Des météores télescopiques ont même été vus quelquefois pendant le jour, notamment par *Hansteen*, le 22 août 1823 (Magazin for naturvidenskaberne, 8°, Christiania; vol. II, 1823, p. 314. — En anglais : The Edinburgh philosophical journal, 8°, Edinburgh; vol. XII, 1825, p. 406).

Une circonstance fort curieuse de l'apparition des étoiles filantes, c'est le grand nombre de cas dans lesquels un de ces météores est suivi presque immédiatement d'un ou plusieurs autres, qui marchent à peu près dans la même direction. *H. W. Brandes* avait déjà été frappé, en 1798, de ce fait caractéristique qu'on reste quelquefois longtemps sans voir paraître un seul météore, puis que tout à coup il s'en montre plusieurs, qui se suivent rapidement (*Brandes, H. W. & Benzenberg, J. F.*, Versuche die Entfernung .... der Sternschnuppen zu bestimmen, 8°, Hamburg, 1800; p. 85). *Galle* a observé des étoiles filantes télescopiques, composées, comme la mitraille de l'artillerie, de plusieurs fragments (**ANn, LXXIX, 1872, 139**. — En anglais : **AJS_3, V, 1873, 481**).

Depuis que l'on emploie le spectroscope en astronomie, on a tenté de saisir les caractères du spectre des étoiles filantes. On consultera sur cette question :

2871. **Herschel, A. S.** Prismatic spectra of the August meteors. The intellectual observer, a review of natural history, 8°, London; vol. X, 1867, p. 161.

2872. **Konkoly, N. von.** Les spectres de 140 étoiles filantes, observés à l'Observatoire d'O'Gyalla [en magyare]. Értekezések a matematikai osztály [tudományok] köréböl, 8°, Budapest; vol. V, 1877, n° 10.

2873. **Herschel, A. S.** The progress of meteor-spectroscopy. Nature, 4°, London; vol. XXIV, 1881, p. 506.

Un des caractères secondaires des étoiles filantes, c'est la traînée. Elle a été fort bien décrite par *H. W. Brandes* (**AdP**, XIV, 1803, 251). *Heis* l'a étudiée au télescope (**WfA**, VI, 1863, 372). *Krusenstern* et *Horner* en ont vu une qui a subsisté pendant plus d'une heure (*Krusenstern*, Reise um die Welt, 3 vol. 4°, Berlin; vol. I, 1812, p. 58).

Les bolides et les étoiles filantes sont visibles de plusieurs points à la fois. L'exemple le plus remarquable de visibilité simultanée à grande distance est celui dont *R. Wolf* a rendu compte, et qui était relatif à un bolide aperçu à la fois d'Aix-la-Chapelle et de Berne, le 10 août 1850 (Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 8°, Bern; année 1851, p. 156).

C'est de cette visibilité simultanée dans plusieurs stations, que l'on se sert pour déterminer la hauteur du corps et la situation de sa trajectoire. Parmi les différentes méthodes données pour cet objet, nous mentionnerons d'abord, à cause de l'époque relativement ancienne où elles se sont produites, celle de

2874. **Zanotti, F. M.** De globi cujusdam ignei trajectione. **Bononia, Cii, II, 1747, 464.**

Et celle de

2875. **Pringle, J.** Several accounts of the fiery meteor which appeared on Sunday the 26 of Nov. 1758 between 8 and 9 at night. **London, PTr, 1759, 218, 259.**

En fait de travaux plus récents, on consultera :

2876. **Grunert, J. A.** Die verschiedenen Auflösungen des Sternschnuppen-Problems, aus einem allgemeinen Gesichtspunkte dargestellt. **AdM, I, 1841, 144.**

2877. **Petit, F.** Recherches analytiques pour la trajectoire et la parallaxe des bolides. **Paris, Crh, XXXII, 1851, 488, 663, 790.**

2878. **Galle, J. G.** Ueber die Berechnung der Bahnen heller, an vielen Orten beobachteten Meteore. **ANn, LXXXIII, 1874, 321.**

Sur la question de la vitesse des étoiles filantes dans l'atmosphère, on verra

2879. **Schiaparelli, G. V.** Sulla velocità delle meteore cosmiche nel loro movimento a traverso dell'atmosfera terrestre. Rendiconti dell' Istituto Lombardo, classe di scienze matematiche e naturali, serie II^a, 8°, Milano; vol. I, 1868, p. 34.

Indépendamment des apparitions sporadiques, les étoiles filantes se présentent, à certains jours, en nombre extraordinaire. On est resté longtemps dans un très-grand vague sur le nombre des étoiles filantes, qui se montrent dans une nuit sereine ordinaire. Les premières recherches sur ce point furent celles de *A. Quetelet* (Bruxelles, **Bul$_1$, III, 1836, 404** — Reproduit : **Cmp, IX, 1837, 441.** Et en allemand : **APC$_1$, XLI, 1837, 175**). On put alors comparer les résultats de chaque nuit à la moyenne.

Toutefois, dans certaines circonstances, le nombre des météores était tellement prodigieux, que l'observateur le moins attentif pouvait reconnaître l'existence d'une averse, en d'autres termes, la présence d'un essaim. D'anciennes remarques de ce genre se trouvent dans les catalogues que nous citerons au § suivant. La première averse constatée scientifiquement fut celle du 11 novembre 1799, observée dans plusieurs parties de l'Amérique (*Dunbar,* dans Transactions of the American Society held at Philadelphia, 8°, Philadelphia; vol. VI, 1809, part. I, p. 25; *Ellicot,* dans le même vol., p. 28; *Humboldt, A. de,* Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau-Continent, 12 vol. 8°, Paris; vol. IV, 1816, p. 34).

Le travail le plus complet sur le nombre normal de météores, qui peuvent être aperçus par un ou plusieurs observateurs, est celui de

2880. **Newton, H. A.** The relative numbers of shooting stars seen in a given period by different numbers of observers. **AJS$_2$, XLI, 1866, 192.**

§ 302. CATALOGUES DE MÉTÉORES.

L'ouvrage suivant mentionne un tel nombre d'apparitions de météores, embrassant une fort longue période, qu'on peut le regarder comme la base d'un premier catalogue de ces phénomènes :

2881. **Scheuchzer, J. J.** Naturgeschichte des Schweizerlandes; 3 vol. 4°, Zürich, 1706-1708.

Chladni s'est attaché ensuite à recueillir des relations circonstanciées de la chute des météorites :

2882. **Chladni, E. F. F.** Ueber Feuermeteore und die mit denselhen herabgefallenen Massen; 8°, Wien, 1819. — Comparez : Journal für Chemie und Physik von *J. S. C. Schweigger,* 8°, Nürnberg; vol. XXVI, 1819, p. 156.

Il a paru une suite sous le titre :

2883. **Chladni, E. F. F.** Neue Beiträge zur Kenntniss der Feuermeteore und der herabgefallenen Massen. **AdP, LXVIII, 1821, 329; LXXI, 1822, 359; LXXV, 1823, 229; APC_1, II, 1824, 151; VI, 1826, 21, 161; VIII, 1826, 45.**

Il y a encore une continuation par

2884. **Hoff, K. E. A. von.** Neue Beiträge zu Chladni's Verzeichnissen von Feuermeteoren und herabgefallenen Massen. **APC_1, XVIII, 1830, 174; XXIV, 1832, 221; XXXIV, 1835, 339.**

Le premier essai de former un catalogue des apparitions extraordinaires d'étoiles filantes fut fait par *A. Quetelet,* en 1837 (**Cmp, IX, 432**). L'auteur a étendu ensuite son travail, et plusieurs érudits ou astronomes l'ont suivi dans cette voie. Les catalogues d'apparitions d'étoiles filantes les plus importants à consulter, sont ceux qui suivent :

2885. **Quetelet, A.** Catalogue des principales apparitions d'étoiles filantes. **Bruxelles, $Mém_2$, XII, 1839, n° 4.** — 2e édit. augmentée : **Bruxelles, $Mém_2$, XV, 1842, n° 2.** — Reproduit dans sa Physique du globe, 4°, Bruxelles, 1861; p. 312.

2886. **Herrick, E. C.** Contributions towards a history of the star-showers of former times. **AJS_1, XL, 1841, 349.**

2887. **Chasles, M.** Catalogue d'apparitions d'étoiles filantes pendant six siècles de 538 à 1123. **Paris, Crh, XII, 1841, 499, 527, 587, 597.**

2888. **Biot, E.** Catalogue général des étoiles filantes et des autres météores observés en Chine pendant vingt-quatre siècles, depuis le VIIe siècle avant J.-C. jusqu'au milieu du XVIIe siècle de notre ère, dressé d'après les documents chinois. **Paris, Mpr_3, X, 1846, 129.**

Avec une note supplémentaire. — Comparez : **Paris, Crh, XII, 1841, 986; XIII, 1841, 203; XIV, 1842, 699.**

2889. **Coulvier-Gravier, R. A.** Catalogue des globes filants [bolides], observés de 1841 à 1853; 4°, Paris, 1854.

2890. **Arago, F.** Météores cosmiques. **Arago, Ape, IV, 1857, 181.**

Il y a dans cet article des catalogues de chutes d'aérolithes et d'apparitions d'étoiles filantes.

2891. **Greg, R. P.** A catalogue of meteorites and fireballs. **British Assoc, Rep, 1860, 48.**

2892. **Perrey, A.** [Quelques apparitions anciennes d'étoiles filantes]. **Bruxelles, Bul_2, XIX, 1865, 386.**

2893. **Perrey, A.** [Apparitions remarquables d'étoiles filantes recueillies dans diverses chroniques des siècles passés]. **Bruxelles, Bul_2, XX, 1865, 370.**

2894. **Greg, R. P.** Catalogue of luminous meteors and aerolites. **British Assoc, Rep, 1867, 414.** — Avec Suppléments, **1868, 344; 1869, 282.**

Depuis l'année 1861, les Reports of the British Association for the advancement of science, contiennent un tableau des météores lumineux, observés pendant l'année antérieure à celle du volume.

§ 303. RADIANTS.

La remarque que les étoiles filantes d'une même averse paraissent émaner d'un point déterminé, a été faite d'abord par *A. de Humboldt* (Voyage aux régions équinoxiales, 12 vol. 8°, Paris; vol. IV, 1816, p. 35), à l'occasion de l'essaim du 11 novembre 1799. Le mot « radiant » a été introduit par *Greg* (Proceedings of the British meteorological Society, 8°, London; vol. II, 1865, p. 308.)

On a d'abord déterminé quelques radiants isolés. *A. Erman* avait appliqué à ce calcul (**ANn, XVII, 1840, 10**) des formules analogues à celles qui servent à trouver, d'après les mouvements propres des étoiles, le point de la sphère céleste vers lequel se dirige le système solaire.

Plus tard, *Heis* (**ANn, LXIX, 1867, 157**) a commencé à étendre le nombre des radiants, et maintenant on en compte plusieurs centaines.

Voici la liste des catalogues de radiants :

Heis, dans **ANn, LXIX, 1867, 157**. — Reproduit : **British Assoc, Rep, 1873, 403** . . . . 81 radiants.

Greg, radiants de l'hémisphère septentrional, dans : **British Assoc, Rep, 1868, 401** . . . . 76 radiants.

Heis & *Neumayer,* radiants de l'hémisphère austral, d'après les observations de *Neumayer* à Melbourne, 1858-1863. Dans : **British Assoc, Rep, 1868, 405** . . . . 39 radiants.

J. Schmidt, dans **ANn, LXXIV, 1869, 51**. — Reproduit : **British Assoc, Rep, 1874, 321**; et Publications de l'Observatoire d'Athènes, 4°, Athènes; vol. II, 1864, p. 1 . . . . 152 radiants.

Schiaparelli, d'après les observations de *Zezioli* à Bergamo en 1867-1869. Dans les Rendiconti dell' Istituto Lombardo, classe di scienze matematiche e naturali, serie IIa, 8°, Milano; vol. III, 1870, p. 373. — En allemand dans Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen, 8°, Stettin, 1871 (voir plus haut § 299, n° 2866); p. 84 . . . . 189 radiants.

Greg, par compilation au moyen des sources précédentes, dans : **London, MNt, XXXII, 1872, 348** . . . . 132 radiants.

Tupman, d'après les observations faites dans la région de la Méditerranée en 1869-1871. Dans **London, MNt, XXXIII, 1873, 300**. — Reproduit : **British Assoc, Rep, 1874, 312** . . . . 102 radiants.

Greg, table générale formée à l'aide de toutes les sources précédentes, dans : **British Assoc, Rep, 1874, 324**. Avec Suppléments par *L. Gruber* et *Greg* dans les volumes de **1875, p. 220, 221** et de **1876, p. 156** . . . . En tout, 206 radiants.

Heis, d'après ses observations de 1833 à 1875. Dans **WfA, XX, 1877, 376, 382, 390, 399, 403** . . . . 785 radiants.

Denning, d'après les observations des membres de l'Association météorique italienne en 1872. Dans **London, MNt, XXXVIII, 1878, 318** . . . . 37 radiants.

Denning, d'après les observations de l'étranger. Dans **London, MNt, XXXIX, 1879, 22** . . . . 79 radiants.

Sawyer, d'après ses observations, en Amérique. Dans **AJS_3, XVII, 1879, 68** . . . . 32 radiants.

Von Konkoly, d'après les observations d'O'Gyalla de 1871 à 1878. Dans Beobachtungen angestellt am astrophysicalischen Observatorium in O'Gyalla, 4°, Halle; vol. II, 1881, p. 64. — Inséré : **London, MNt, XL, 1880, 349** . . . . 410 radiants.

Sawyer, second catalogue de radiants d'après les observations faites en Amérique. Dans **London, MNt, XLI, 1881, 295** . . . . 72 radiants.

Weiss, E_2, d'après ses observations en 1879 et 1880. Dans : Beobachtungen angestellt am astrophysikalischen Observatorium in O'Gyalla, 4°, Halle; vol. III, 1881, p. 90 . . . . 102 radiants.

Loewy, en faisant un choix des essaims les plus importants et les plus certains. Dans **Paris, ABL, 1882, 207** . . . . 20 radiants principaux.

Sur la détermination par le calcul des points de radiation, on verra le mémoire de

2895. **Ceraski, W.** Ueber die Berechnung des Radiationspunktes. **Moscou, Ann, IV, II, 1878, 99.**

Sur la distribution des radiants à la surface de la sphère, on consultera :

2896. **Lehmann-Filhès, R.** Ueber die Vertheilung der Radiationspunkte auf der Himmelskugel. **ANn, XCVII, 1880, 353** ...

Voyez aussi sur le déplacement des radiants :

2897. **Niessl, G. von.** Theoretische Untersuchungen über die Verschiebungen der Radiationspunkte aufgelöster Meteorströme. **Wien, Stz, LXXXIII, 1881, 96.** — Reproduit : **WfA, XXIV, 1881, 131, 145...**

§ 304. ÉLÉMENTS DES ESSAIMS.

La périodicité de l'essaim d'étoiles filantes du mois de novembre, qui a son point d'émanation dans la constellation du Leo [le Lion], a été reconnue par *Arago,* en 1835 (Annales de chimie et de physique, par *Gay Lussac* & *Arago,* 8°, Paris; vol. LXI, 1835, p. 176). Il existe sur les retours périodiques de ces météores un article historique de

2898. **Boguslawski, G. von.** Das November-Phänomen der Sternschnuppen in seinen einzelnen Erscheinungen von den ältesten Zeiten bis 1866. **APC_1, CXXX, 1867, 471.**

Bien que la Terre revienne chaque année couper l'orbite de cet essaim, elle n'y rencontre pas chaque fois la même densité de corpuscules. Ceux-ci ne forment donc pas un anneau homogène et continu : ils sont principalement groupés, au contraire, dans un point particulier, près duquel notre globe ne revient qu'au bout d'un certain nombre d'années.

Après l'averse de 1833, *Olbers* soupçonna la période d'environ 33 ans, qui sépare les maxima de manifestation (Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher,* 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1837, p. 281. — En français : **Cmp, IX, 1837, 417**). Cette période a été déterminée de 33^{ans},25 par *H. A. Newton* (Memoirs of the national Academy of sciences, 4°, Washington; vol. I, 1866, n° 3), qui a eu recours pour la fixer à l'ensemble des apparitions dont le souvenir est conservé, depuis l'an 902 jusqu'en 1863. Le demi-grand axe correspondant est 10,340 17. L'aphélie tombe environ à la distance de Saturne. Les dernières averses maxima sont arrivées en 1799, en 1833, en 1866.

La seconde averse dont la périodicité annuelle fut reconnue, est celle des Perséides, qui semblent s'échapper de Perseus [Persée]. Elle fut indiquée par *A. Quetelet* (**Bruxelles, Bul$_1$, IV, 1837, 80**). La révolution des corpuscules qui la produisent serait, d'après *Schiaparelli,* de 108 ans (**London, MNt, XXVII, 1867, 134**). En se basant sur l'importance des apparitions, *Chapelas* serait disposé à la réduire à 31 ou 32 ans, avec des maxima de manifestation en 1848 et en 1879 (**Paris, Crh, XCIII, 1881, 353**).

A. Erman eut, le premier, l'idée de calculer les éléments de l'orbite héliocentrique décrite par les essaims de météores, d'après la direction apparente de leur mouvement, à l'instant de leur rencontre avec la Terre (**ANn, XVII, 1840, 14**).

Voici les éléments des essaims dont les orbites héliocentriques ont été calculées.

Éléments attribués à divers essaims d'étoiles filantes.

Date à laquelle la Terre rencontre l'orbite de l'essaim.	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud asc.	Inclinaison.	Sens du mouvement.	Distance périhélie.	Excentricité.	Calculateur.
Avril, 30 [1870]. . . .	280°	38°	22°	R	0,737	1	Kirkwood.
Août, 11 [Perséides].	343 44′	138 22′	64 3′	R	0,964 3	0,957 5	Schiaparelli.
Nov., 13 [Léonides] .	62 36	231 44	15 38	R	0,960 9	0,906 2	Tupman.
Nov., 27 [1872]. . . .	108 53	245 53	15 11	D	0,854 1	1	Bruhns.

Les longitudes sont rapportées à l'équinoxe moyen de 1870,0. L'excentricité 1 indique que le calcul est exécuté dans l'hypothèse de la parabole.

Nous avons déjà parlé (§ 294, p. 777) de la connexité entre les météores du 27 novembre 1872 et la comète de Biela. *Klinkerfues* a retrouvé la mention d'une averse, à la date correspondante, dans l'année 524 (Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften und der Universität zu Göttingen, 16°, Göttingen; année 1873, p. 275). Les éléments de l'essaim du 27 novembre, que l'on vient de rapporter, rappellent, dit *Bruhns* (**ANn, LXXX, 1873, 276**), à ne pouvoir s'y méprendre, ceux de la comète de Biela elle-même.

D'après *Schiaparelli* (**Paris, Crh, LXIV, 1867, 598**), les Perséides se meuvent dans l'orbite de la comète 1862 août 22, et les Léonides dans celle de la comète 1866 janvier 11, dont les éléments offrent, en effet, avec ceux de ces essaims, une ressemblance remarquable.

Si des météores suivent en quelque sorte les comètes à la trace, la Terre pourra les apercevoir lorsqu'elle s'approchera du nœud, soit ascendant, soit descendant, de l'orbite d'une comète. Le radiant sera alors déterminé par la situation relative de la Terre et du nœud. Ainsi E_1. *Weiss* a signalé (**ANn, LXVIII, 1867, 381**) un remarquable accord entre le point d'émanation des étoiles filantes du 21 avril 1861 ou Lyrides et la position apparente, à cette date, du nœud descendant de la comète 1861 juin 3.

On pourra étudier dans les travaux dont les titres suivent, les questions qui se rattachent aux rapports entre les étoiles filantes et les comètes :

2899. **Schiaparelli, G. V.** Sur la relation qui existe entre les comètes et les étoiles filantes. **ANn, LXVIII, 1867, 331.**

2900. **Hoek, M.** On the phenomena which a very extended swarm of meteors coming from space presents after its entry into the solar system **London, MNt, XXVIII, 1868, 131.**

2901. **Littrow, K. L.** Sternschnuppen und Kometen. **Kal, 1868, 77; 1869, 1; 1870, 1.**

Exposé général.

2902. **Zöllner, J. C. F.** Ueber den Zusammenhang von Sternschnuppen und Cometen. **Leipzig, Ber, 1872, 309.** — Reproduit : **APC_1, CXLVIII, 1873, 322**; et dans ses Wissenschaftliche Abhandlungen, 2 vol. 8°, Berlin & Leipzig; vol. II, 1878, p. 694.

2903. **Schiaparelli, G. V.** Studj cosmologici : II. Sulla relazione fra le comete, le stelle cadenti ed i meteoriti. **Milano, Mem_3, III, 1873, 145.**

2904. **Kirkwood, D.** Comets and meteors, their phenomena in all ages, their mutual relations, and the theory of their origin; 12°, Philadelphia, 1873.

2905. **Herschel, A. S.** List of cometary radiant-points agreeing approximatively with those of known meteor-showers. **British Assoc, Rep, 1874, 350.** — Avec supplément dans le volume de 1875, p. 229.

2906. **Herschel, A. S.** List of radiant-points of comets. **British Assoc, Rep, 1875, 232.**

Cette liste est refondue de la liste et du supplément dont il est parlé à l'article précédent. Elle renferme 153 numéros.

2907. **Herschel, A. S.** List of known accordances between cometary and observed meteor showers. **London, MNt, XXXVIII, 1878, 369.** — En allemand dans Sirius, Zeitschrift für populäre Astronomie, 8°, Leipzig; vol. XII, 1879, p. 273.

Ajoutons que *A. W. Wright* a insisté sur l'analogie qui existe, selon lui, entre les gaz contenus dans les météorites, et ceux que le spectroscope révèle dans les comètes (**AJS_3, IX, 1875, 459; X, 1875, 44; XI, 1876, 253; XII, 1876, 166**).

CHAPITRE XXIV.

DÉNOMBREMENT DES ÉTOILES.

---

§ 305. ASTÉRISMES PRIMITIFS.

Descartes appelle quelque part le ciel étoilé « le plus grand exemple de la variété dans l'univers. » Pour se guider dans cette espèce de dédale tous les peuples ont formé des divisions ou astérismes, auxquels ils ont donné des noms.

Vers le — XIVe siècle, *Job* (cap. IX, v. 9; cap. XXXVII, v. 11; cap. XXXVIII, v. 32), qui était arabe de nation, parle de plusieurs astérismes, auxquels les Septantes ont affecté des noms empruntés à l'astrognosie grecque. Mais cette traduction était illusoire, et c'est en vain que *Riccioli* (Ricciolus, Alm, I, 1651, 406), *de Goguet* (De l'origine des lois, 3 vol. 4°, Paris; t. I, 1759, p. 392) et *Costard* (The history of astronomy, 4°, London, 1867; p. 49) ont cherché à la corriger. On peut voir là-dessus un article de *Flaugergues* (Cas, II, 1819, 148) avec des remarques de *de Zach* (ibid., p. 149).

D'après *Sénèque* (*Seneca,* Naturales quaestiones [L], lib. VII, cap. 25), l'astrognosie remontait chez les Grecs à 1400 ans environ avant notre ère. *Chiron,* qu'on place communément dans le — XIIIe siècle, avait enseigné la connaissance des constellations (*Clemens Alexandrinus,* Stromata [G], lib. I, cap. 15).

Hésiode (Opera et dies, lib. I) mentionne, Orion, les Pléïades, Sirius, Aldébaran et Arcturus. Ce sont à peu près les mêmes astérismes qu'on retrouve dans *Homère,* savoir : Orion, Arcturus, les Pléïades (Odyssea, lib. V, v. 272), les Hyades (ibid., lib. V, v. 471), enfin la Grande Ourse sous le nom d'Amaxa ou Chariot (ibid., lib. V, v. 273), et la queue de la Petite Ourse ou Cynosure (Ilias, lib. XVIII, v. 487).

La dissemblance des noms et celle des combinaisons, chez les différents peuples, montrent combien l'arbitraire a eu de part dans la formation des astérismes. Cependant il y a des groupements qui sont tellement naturels qu'on ne doit pas chercher d'autre figure. Telle est, par exemple, la Croix du Sud. Bien que devenue invisible en Italie, cette belle constellation n'était pas tout à fait inconnue des Européens, à

l'époque de la renaissance des sciences. Les Arabes en parlaient en revenant de leurs voyages au Midi. Aussi *Dante* en a-t-il eu connaissance, et la mentionne-t-il avec enthousiasme (Il purgatorio, lib. I, v. 22). Les navigateurs portugais et hollandais qui allèrent dans l'Inde par la route du Cap, retrouvèrent la Croix du Sud, et ne firent pour ainsi dire que l'adopter.

D'autres astérismes sont moins caractéristiques. Pourtant les groupements se sont parfois faits de la même manière, chez des peuples fort éloignés les uns des autres; et, ce qui est plus étonnant, des symboles analogues ont été adoptés de part et d'autre.

Les Iroquois, par exemple, appelaient l'étoile polaire du nom qui, dans leur langue, désignait un ours (*Leclercq*, Nouvelle relation de la Gaspésie, 12°, Paris, 1691; p. 152. Aussi *Charlevoix,* Histoire et description générale de la Nouvelle-France, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1744, p. 400). Les insulaires de l'Océanie nommaient les « jumeaux » notre astérisme des Gémeaux (*Ellis,* Polynesian researches, 2e éd., 4 vol. 8°, London; vol. III, 1832, p. 172). Et *La Condamine* raconte que les Indiens de l'Amazone voyaient dans le V du Taureau la tête d'un de ces animaux (*La Condamine,* Relation abrégée d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amérique méridionale; 8°, Paris, 1745).

§ 306. SYNONYMIE ORIENTALE.

Les Chinois, les Hindoux, les Persans et les Arabes possèdent, pour la désignation des étoiles, des nomenclatures complètes, dont il est important de savoir établir la concordance avec la nôtre.

Astrognosie chinoise.

Pour la synonymie chinoise, on consultera :

Noel, F. Observationes mathematicae et physicae in India et China factae, 4° Pragae, 1710; p. 65 et suiv.

Souciet, E. Observations mathématiques ... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; vol. III, 1732, p. 63, 79, 106 [par *A. Gaubil*].

Reeves, J. Chinese names of stars and constellations; 4°, Canton, 1819 (voir § 49, n° 308).

Schlegel, G. Uranographie chinoise, 2 vol. 8° et atlas fol.; La Haye & Leide, 1875 (voir § 49, n° 297).

Williams, J. Observations of comets extracted from the chinese annals; 4°, London, 1871 (voir § 291, n° 2784). Il y a, dans l'Appendix joint à cet ouvrage, un atlas céleste chinois, et des tables pour réduire à la forme européenne le compte chinois du temps.

On peut également s'aider du planisphère en six feuilles de *P. Grimaldi* (§ 49, n° 506), ou de celui de *J. de Guignes* (§ 49, n° 507); mais les deux derniers ouvrages que nous avons cités peuvent suffire à toutes les recherches.

Astrognosie indienne.

Trois mémoires des Asiatic Researches fourniront la concordance des constellations de l'Inde avec les nôtres. Ce sont ceux cités au § 50, n°s 334-336, savoir :

Jones, W. On the antiquity of the indian zodiac. **Calcutta, AsR, II, 1790, 289** (n° 16 dans le volume).

Davis, S. On the indian cycle of sixty years. **Calcutta, AsR, III, 1792, 209** (n° 7 dans le volume).

Colebrooke, H. T. On the indian and arabian divisions of the zodiack. **Calcutta, AsR, IX, 1807, 323** (n° 6 dans le volume).

Le mémoire de *Davis* renferme une carte céleste, portant les constellations de l'Inde.

On pourra également recourir, pour l'identification des astérismes hindoux, à l'ouvrage de

Burgess, E. Translation of the Surya-siddhânta ; 8°, New Haven, 1860 (voir § 50, n° 333).

Ce volume contient, chap. VIII, p. 175, des tables de concordance.

Astrognosie persane.

La correspondance entre les constellations de la Perse et les nôtres se trouve établie par

Anquetil du Perron, A. H. Zendavesta, 3 vol. 4°, Paris, 1771. — Voir le t. II, p. 349.

Astrognosie arabe.

C'est ici la plus importante, à cause du grand nombre d'observations que les Arabes nous ont laissées. Quelques correspondances sont déjà établies par *Bayer* (Uranometria; fol., Augustae Vindelicorum, 1603). Mais ce fut *Schickard* qui fit pour la première fois un travail systématique, dont tous ses successeurs se sont aidés. On peut consulter :

Schickardus, W. Astroscopium pro facillima stellarum cognitione; 12°, Tubingae, 1623. — Plusieurs fois réimprimé, notamment Stutgardiae & Lipsiae, 1698. — Sa table de concordance est reproduite : **Ricciolus, Alm, I, 1651, 476**, et **Ricciolus, Ara, II, 1665, tabul., 125.**

Schiller, J. Coelum stellatum christianum, fol., Augustae Vindelicorum, 1627; p. 27. — On y a signalé des inexactitudes.

Hyde, T. Tabulae longitudinum et latitudinum stellarum fixarum; 4°, Oxonii, 1665. — Reproduit dans son Syntagma dissertationum, publié par *Sharpe,* 2 vol. 4°, Oxonii; vol. I, 1767, in Ulugh Beighi tabulas stellarum fixarum commentarii. — Il y a, à la fin, une table alphabétique des noms grecs, et une autre des noms arabes et hébreux.

Ancillon, L. F. Ursprung und Bedeutung der uralten Namen der Sterne. **BaJ, 1788, 150.** — Cette table contient non-seulement les noms arabes, mais aussi des noms hébreux, chaldéens et syriaques. Malheureusement ce travail est fait légèrement.

Lach, F. W. V. Anleitung zur Kenntniss der Sternnamen mit Erläuterungen aus der Arabischen Sprache und Sternkunde; 8°, Leipzig, 1796.

Ideler, C. L. Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen; 8°, Berlin, 1809. — Cet ouvrage est le fondement des recherches sur l'astrognosie des Arabes.

Buttmann, P. Versuch die Namen einzelner Sterne zu befestigen. **BaJ, 1822, 91.**

Littrow, J. J. Namen der vorzüglichsten Sterne. *Gehler's* Physikalischer Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. VIII, 1836, p. 1003. — Liste alphabétique de noms arabes, avec la synonymie.

Rico y Sinobas, M. Libros del saber de astronomia del rey D. Alfonso X de Castilla, 5 vol. fol., Madrid; vol. V, part. I, 1867, p. 197.

§ 307. ZODIAQUES.

De toutes les parties de la sphère, la plus importante est celle du zodiaque. *Ovide* décrit la trace de l'écliptique à travers les étoiles (*Ovidius,* Metamorphoses [L], lib. II, v. 80). On pouvait considérer ce cercle au point de vue du cours du Soleil, ou à celui du cours de la Lune.

Le zodiaque solaire était divisé en douze signes. *Sayce* le regarde comme d'origine accadienne, et le fait remonter, dans les plaines de la Mésopotamie, au — XX[e] ou même au — XXIII[e] siècle (Transactions of the Society of biblical archaeology, 8°, London; vol. III, 1875, p. 145, 339). Les Babyloniens avaient 24 étoiles zodiacales fondamentales, qui portaient, suivant *Diodore,* le nom de « juges » (*Diodorus siculus,* Bibliotheca historica, [G], lib. II).

La question de savoir si la sphère grecque était une importation de celle de l'Égypte, a été traitée par *Achilles Tatius* (Isagoge in phaenomena Arati; dans **Petavius, Doc, II, 1630,** et dans l'édit. de Venise, t. III, 1758, p. 75). L'analogie du zodiaque chez les deux peuples a été de bonne heure affirmée par *Kircher* (OEdipus

aegyptiacus, 3 vol. fol., Romae; vol. II, 1653, p. 161). Le zodiaque grec était d'ailleurs parvenu dans l'Inde (*Holtzmann, A.*, Ueber den griechischen Ursprung des indischen Thierkreises; 8°, Karlsruhe, 1844). Les Chinois eux-mêmes avaient un zodiaque solaire, divisé en douze (*Gaubil*, dans *Souciet*, Observations mathématiques... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1732, p. 95, 98, 100, 113).

De bons résumés, des recherches sur l'origine du zodiaque classique, antérieurs toutefois aux dernières découvertes amenées par l'exploration des ruines de Ninive, se trouvent dans

Libri, Histoire des sciences mathématiques en Italie, 4 vol. 8°, Paris; vol. I, 1838, p. 380;

et dans **Humboldt, Kos, III, 1851, 160 (Cos, III, 1852, 152)**.

Parmi les dissertations les plus intéressantes, qui ont conservé une valeur historique, il faut citer :

2908. **Letronne, A. J.** Sur l'origine grecque des zodiaques. **Revue des deux mondes, 8°, Paris; année 1837, août 15.**

2909. **Ideler, C. L.** Ueber den Ursprung des Thierkreises. **Berlin, Abh, 1838, Phil, 1.**

Plusieurs des caractères conventionnels que l'on employait au moyen âge pour représenter les signes du zodiaque ont été trouvés sur les monuments égyptiens (*Bianchini*, La storia universale; 4°, Roma, 1747). Sur l'origine et la forme de ces caractères symboliques, on verra les ouvrages indiqués plus haut (§ 60, p. 107 et § 143, p. 344), au sujet des signes représentatifs des planètes.

Les vers mnémoniques très-connus qu'on emploie pour retenir, dans leur ordre, les douze signes du zodiaque, se trouvent dans le Computus manualis metricus d'*Anianus*, poëme didactique d'astronomie, imprimé 4°, Argentorati, 1488; mais ils sont peut-être tirés d'un poëte ancien. On connaît aussi une énumération en vers latins des quinze étoiles de première magnitude (*Caesius, P.* [*Blaeu*], Coelum astronomico-poeticum, 8°, Amstelaedami, 1662; p. 12), et même une énumération générale, également en vers latins, des constellations visibles sur notre horizon (ibid., p. 20).

La ressemblance des zodiaques, chez des peuples qui n'étaient pas sans avoir entre eux certaines communications, n'a rien qui puisse étonner; mais il est plus surprenant de retrouver des dénominations empruntées à la nomenclature des Asiatiques, chez le peuple en apparence complétement isolé des Aztèques. Parmi les noms des jours mexicains, il y avait, comme chez les Mongols et les Tartares, le

lièvre, le serpent, le singe, le chien ; et à la place du léopard, du crocodile et de la poule de l'Asie, qui manquaient à l'Amérique, on retrouvait des symboles correspondants : l'ocelot ou puma, le lézard et l'aigle. Dans le calendrier lunaire des Aztèques, sept termes s'accordaient avec ceux des Hindoux, savoir : le serpent, la canne, le rasoir, la route du Soleil [*], la queue du chien et la maison (*Humboldt, A. de,* Vues des Cordillères, fol., Paris, 1810, p. 152 ; et dans l'édit. en 2 vol. 8°, Paris, vol. II, 1814, p. 3).

Le zodiaque lunaire était plus particulièrement chinois et indien. En Chine, 24 déterminatrices avaient été choisies vers l'an — 2356 ; elles avaient été prises de manière à culminer aux instants où passaient au méridien, soit supérieur, soit inférieur, 12 circompolaires. Vers l'an — 1100, on en ajouta 4, qui marquaient les équinoxes et les solstices (*Biot, J. B.,* Études sur l'astronomie indienne et chinoise, 8°, Paris, 1862 ; p. 116). Quant aux 28 constellations lunaires des Hindoux, elles sont déjà dans les lois de Menou (**Calcutta, AsR, II, 1790, 346**).

§ 308. FABLES POÉTIQUES.

Il était bien connu que les symboles attachés aux constellations, et plus particulièrement à celles que parcourt le Soleil, n'étaient pas sans signification. Parmi les constellations qu'il cite comme étant des allégories aux phénomènes du cours de cet astre, *Macrobe* indique notamment le Cancer et le Capricorne (*Macrobius,* Saturnalia [L], lib. I, cap. 17). Mais la clé de ces allégories était perdue, et l'anticipation produite par le déplacement de l'équinoxe tendait à détruire peu à peu certains rapprochements.

Cet effet de la précession était déjà devenu sensible dans l'antiquité. Au rapport de *Columelle* (Agricultura [L], lib. IX, cap. 13), le Soleil entrait dans une constellation zodiacale donnée, huit jours avant d'entrer dans le signe du même nom, et cette donnée se trouve confirmée par le témoignage de *Manilius* (Astronomicon [L], lib. III, v. 622) et d'un grand nombre d'auteurs anciens examinés par *Petau* (**Petavius, Doc, 1627**; variae dissertationes, lib. II, cap. 4, p. 43).

Avant toute chose, celui qui désire étudier le sens allégorique de la sphère, doit rechercher les récits et les allusions qui sont dans les poëtes et quelquefois dans les historiens. *Riccioli* avait fait à cet égard un premier travail :

Ricciolus, Alm, I, 1651, 398.

---

[*] Chez les Hindoux : la trace des pas de Vischnou.

Depuis lors, des ouvrages entiers, dont quelques-uns sont fort importants, ont été consacrés à ces études. Voici l'indication des principaux :

2910. **Caesius a Zesen** [**Blaeu**], **P.** Cœlum astronomico-poeticum sive mythologicum stellarum fixarum; 8°, Amstelaedami, 1662.

2911. **Scheffer, P. V.** Coelum poeticum seu sphaera astronomica e vetustissimis poeseos umbris eruta; 4°, Pragae, 1686.

2912. **Cellarius, C.** Elementa astronomiae ad interpretandos poetas; 8°, Martisburgi [Merseburgi], 1689. — Réimpr. : 8°, Lipsiae, 1705.

2913. [**Lartigault**, —]. Sphère historique ou explication des signes du zodiaque, des planètes et des constellations par rapport à l'histoire ancienne de diverses nations; 12°, Paris, 1716.

Ce livre, d'ailleurs assez important, est fondé sur le Coelum astronomico-poeticum de *Caesius* mentionné plus haut (n° 2910).

2914. **Heun, F. W.** Versuch einer Naturgeschichte des gestirnten Himmels; 8°, Dresden, 1774.

L'histoire mythologique des constellations est incorporée dans ce traité d'astrognosie.

De la simple relation des fables poétiques à leur interprétation rationnelle, il y a encore une grande distance.

Court *de Gebelin* (Le monde primitif analysé et comparé avec le monde moderne, 9 vol. 4°, Paris; vol. IV, 1776) essaya de donner une explication du zodiaque, par des allégories tirées des travaux de l'agriculture. *S. Schmidt* (Excerpta totius italicae necnon helveticae litteraturae, 8°, Bernae; année 1760) y trouvait le tableau des divinités égyptiennes. *Dupuis* (Mémoire sur l'origine des constellations et sur l'explication de la fable par le moyen de l'astronomie, 4°, Paris, 1781. — Reproduit dans **Lalande, Ast$_2$, IV, 1781, n° 2**) crut y voir une peinture du calendrier de l'Égypte.

Peut-être n'y avait-il pas, dans ces allégories, tant de portée qu'on le suppose, ni tant d'esprit de combinaison. N'avons-nous pas vu proposer de donner à Orion le nom de *Nelson*, sans qu'il y eût dans ce projet une allusion astronomique? Et en 1807, des étudiants de Leipzig n'ont-ils pas dédié à *Napoléon Ier* un nouvel astérisme, formé de l'épée et du baudrier d'Orion (*Lardner*, The museum of science and art, 12 vol. 8°, London; vol. VII, 1855, p. 160), en dehors de tout sens caché et de toute idée symbolique?

Un grand travail, qui a été diversement apprécié, a paru vers la fin du siècle dernier, sur la question des allégories religieuses et astronomiques. Nous voulons parler de l'ouvrage de

2915. **Dupuis, C. F.** Origine de tous les cultes ou religion universelle; 3 vol. 4° et atlas, Paris, 1795.

Un abrégé par l'auteur a été imprimé 8°, Paris, 1798.

On peut voir également :

2916. **Herrmann, M. G.** Handbuch der Mythologie; 3 vol. 8°, Berlin & Stettin, 1787-1795.

Le vol. III, 1795, est consacré aux mythes astronomiques des Grecs.

2917. **Mackey, S. A.** Mythological astronomy of the ancients demonstrated by restoring to their fables and symbols their original meaning; 12°, Norwich, 1822.

§ 309. CONSTELLATIONS.

Voici le nombre des constellations qui entrent dans les descriptions les plus complètes de la sphère, que nous ont laissées les auteurs anciens et ceux de la renaissance des sciences :

		Nombre de constellations.
— Ier siècle.	*Hyginus,* Poeticon astronomicon [G]	46
+ Ier siècle.	*Vitruvius,* De architectura [L], lib. IX, cap. 6, 7	45
Ier siècle.	*Germanicus* Caesar, Fragmentum Arati phaenomenon in latinum conversum [L]	44
Ier siècle.	*Manilius,* Astronomicon [L], lib. I.	46
IIe siècle.	*Ptolemaeus,* Mathematica compositio [G], lib. VII, cap. 5; lib. VIII, cap. 1	48
IVe siècle.	*Ausonius,* De sphaera [L]	43
IVe siècle.	*Avienus,* Arati phaenomena latinis versibus reddita [L] . .	46
Ve siècle.	*Proclus,* Sphaera [G]	52
Ve siècle.	Martianus *Capella,* De nuptiis philologiae et Mercurii [L], lib. VIII, cap. 35	47

	Nombre de constellations
VIII[e] siècle. *Beda,* Eclogarium de signis coelestibus [L]	43
XIII[e] siècle. *Alphonsus,* Tabule coelestium motuum [L]	48
1524. *Apianus,* Cosmographia [L]	46
1543. *Copernicus,* De revolutionibus orbium coelestium [L], lib. II, cap. 14.	48
1570. *Piccolomini,* Delle stelle fisse	48
1570. *Clavius,* In sphaeram Joannis de S. Bosco commentarius [L] . . .	48
1578. *Junctinus,* Commentaria in sphaeram J. de Sacro Bosco [L] . . .	48
1602. *T. Brahe,* Astronomiae instauratae progymnasmata [L], part. I, p. 258. — Reproduit : **Brahe, Opa, I, 1648, 179.**	46
1603. *Bayer,* Uranometria [L].	60
1612. *Grienbergerus,* Imaginum coelestium prospectiva duplex [L]. . . .	50
1620. *Blancanus,* Sphaera mundi [L], lib. XVII.	62
1627. *Keplerus,* Tabulae rudolphinae [L], p. 105.	62
1632. *Lansbergius,* Tabulae perpetuae, p. 161. — Reproduit dans ses Opera, Tabul., p. 161	46
1645. *Bullialdus,* Tabulae philolaicae [L], p. 180, jointes à **Bullialdus, Aph, 1645.**	62

Les constellations classiques de *Ptolémée* étaient au nombre de 48. Dans le ciel austral, la première addition, faite par *Theodori* et consacrée par *Bayer,* d'après les navigateurs modernes, fut de 12.

Si les questions relatives à l'origine des constellations que nous a transmises l'antiquité grecque, prête grandement à la controverse, on pourrait croire qu'il serait facile de suivre la formation des groupes tout modernes, créés dans la partie du ciel inconnue aux anciens. Mais il n'est déjà plus possible de remonter aux premiers auteurs des constellations australes dessinées sur nos sphères, et de retrouver en détail les descriptions primitives de chaque groupe. Dès le temps de *P. Blaeu* ces souvenirs étaient perdus, et il fallait renoncer à la restitution historique de ce travail (*Caesius a Zesen* [*Blaeu*], *P.*, Coelum astronomico-poeticum, 8°, Amstelaedami, 1662; p. 344). Tout ce que nous savons, c'est que l'agroupement des étoiles du ciel austral en astérismes fut l'œuvre de quelques navigateurs, parmi lesquels la plus grande part paraît revenir au célèbre Amerigo *Vespucci,* dans son voyage au Nouveau Monde de 1499 ([*Zorzi*], Mondo novo, 4°, Vicence, 1507, cap. CXIV), puis à Andrea *Corsali*, à

Petrus Medinensis et surtout à Fréderic *de Houtmann*, établi à Sumatra (**Ricciolus**, **Alm**, **1651**, **I**, **410**. — Comparez : *Vespuce, E. de,* Le Nouveau Monde et navigations, 4°, Paris, 1516; navig. v. Aussi : *Ramusio*, Navigazione e viaggi, 3 vol. fol., Venezia; vol. I, 1563, p. 177).

En 1597, Pierre Dircksz *Keyser*, plus connu sous le nom de Petrus *Theodori*, revint d'un voyage aux Indes ([*Renneville, R. A. C. de*], Recueil des voyages qui ont servi à l'établissement et au progrès de la Compagnie des Indes Orientales formée dans les Provinces-Unies des Pays-Bas, 5 vol. 12°, Amsterdam, 1716; vol. I). Il avait observé 121 étoiles, et ce fut lui qui donna la forme astronomique aux premières esquisses des navigateurs (*Bayer*, Uranometria; fol., Augustae Vindelicorum, 1603; explicatio tabulae xlix).

Les figures de *Théodori* furent portées sans doute immédiatement sur les globes que faisaient, à cette époque, dans les Pays-Bas, *Hondius* ou *Arnoldus, M. F. Langrenus* et *I. Blaeu*. C'est de là apparemment que *Bayer* les a prises, pour les introduire, en 1603, dans son Uranometria. Cependant, elles ne furent convenablement décrites que dans l'explication du planisphère de *Bartsch* (*Bartschius*, Usus astronomicus planisphaeri stellati; 4°, Argentinae, 1624).

On consultera sur cette partie imparfaitement connue de l'histoire de l'astrognosie, qui se rapporte pourtant à une époque fort peu éloignée :

2918. **Olbers, W.** Ueber die neuern Sternbilder. Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher*, 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1840, p 239

Jusqu'en 1627, les catalogues généraux ne contenaient pas d'étoiles australes. *Schiller* (Coelum stellatum christianum, fol.; Augustae Vindelicorum, 1627; p. 131) en plaça 39 dans sa liste, avec l'indication de leurs magnitudes. Ce sont pour la plupart les plus belles du ciel antarctique. Il compte dans le nombre les deux Nubeculae. *Riccioli* lui a emprunté ce premier catalogue d'étoiles australes (**Ricciolus**, **Ara**, **I**, **1665**, **242**).

La « nubecula major, » mentionnée par *Al Soufi* au milieu du Xe siècle (*Schjellerup*, Description des étoiles fixes de Abd-al-Rhaman Al Sûfi, 4°, St. Pétersbourg, 1874; p. 26, 118), est signalée par les Européens, notamment par *Corsali* (*Ramusio*, Navigatione e viaggi, 3 vol. fol., Venezia; vol. I, 1563, p. 177) et par *Anghiera* (*Anghiera, P. M. de,* Oceanica, fol.. Parisiis, 1536; dec. i, lib. 9), en 1515. Les deux taches brillantes du ciel austral étaient appelées par les Portugais « nuées de Magellan, » et par les Hollandais, « nuages du Cap. »

La première mention des « sacs de charbon » fut faite par *V. Y. Pinzon*, en 1499 (*Anghiera, P. M. de,* Oceanica, fol., Parisiis, 1536; dec. i, lib. 9); mais ils ne furent bien décrits que par *La Caille* (Paris, **H & M**, **1755**, **199**). Cet astronome jugea sainement qu'il s'agit simplement d'un effet de contraste. Les noms par lesquels les marins et les colons des diverses nations désignent ces taches obscures sont rapportés dans **BaJ**, **1790**, **257**.

Dans la table qui suit, nous désignons par P les constellations de *Ptolémée* (Ptolemaeus, MCo, lib. VII, cap. 5; lib. VIII, cap. 1), par T celles de *Keyser,* plus connu sous le nom de *Theodori,* telles qu'elles ont été données par *Bayer* (Uranometria; fol., Augustae Vindelicorum, 1603), par H celles d'*Hevelius* (Prodromus astronomiae, fol., Gedani, 1690), et par L celles de *La Caille* (Paris, H & M, 1752, 539). Les autres autorités sont indiquées complétement.

On a mis un * au nom des constellations qui n'ont pas été adoptées et ne sont pas en usage.

Table alphabétique des constellations.

Andromeda, P. — *Anser, *voyez* Avis. — *Anser americanus, *voyez* Tucan. — *Antinous, *Firmicus* (Matheseos institutiones, IV[e] siècle). — Antlia pneumatica, L. — *Apis, *voyez* Musca. — Apparatus sculptoris, L. — Apus [Avis indica], T. — Aquarius, P. — Aquila, P. — Ara, P. — *Argus, *voyez* Navis. — Aries, P. — Auriga, P. — *Avis, *Proclus* (Sphaera, V[e] siècle, cap. 15). — *Avis indica, *voyez* Apus.

Bootes, P.

Camelopardalus, *Bartsch* (Usus astronomicus planisphaerii stellati; 4°, Argentinae, 1624). — Cancer, P. — Canes venatici, H. — Canis [major], P. — Canis minor [Procyon], P. — Capricornus, P. — *Caput Medusae [Gorgonis], *Proclus* (Sphaera, V[e] siècle, cap. 15). — *Carena, *voyez* Navis. — Cassiopea, P. — Centaurus, P. — Cepheus, P. — *Cerberus, H. — Cetus, P. — Chamaeleon, T. — *Chelae, changées en Libra vers l'an — 50 (*Virgilius,* Georgica, lib. I, v. 34, 208; *Manilius,* Astronomicon, lib. II, v. 242). — Circinus, L. — Coela scalptoris, L. — Columba, *Plancius* (*Merula* [*Van Merle*], Cosmographia generalis; 4°, Amstelodami, 1605). — Coma Berenices, *Proclus* (Sphaera, V[e] siècle, cap. 15). — *Cor Caroli II, H. — Corona australis, P. — Corona borealis, P. — Corvus, P. — Crater, P. — Crux, *Royer* (Cartes du ciel; 4 feuilles, Paris, 1679). — *Custos messium, *J. J. de Lalande* (JdS_1, 1775, juin). — Cygnus, P.

Delphinus, P. — Doradus, T. — Draco, P.

Equuleus, P. — Equus pictoris, L. — Eridanus, P.

*Felis, *J. J. de Lalande* (Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 812). — Fornax chimiae, L.

Gemini, P. — *Globus aerostaticus, *J. J. de Lalande* (Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 798). — Grus, T.

*Harpa Georgii, *Hell* (EpV, 1790, 285). — Hercules, P. — *Honores Frederici, *Bode* (Friedrichs Sternendenkmal; 4°, Berlin, 1787). — Horologium, L. — Hydra, P. — Hydrus, T.

Indus, T.

Lacerta, H. — Leo, P. — Leo minor, H. — Lepus, P. — *Libella, *voyez* Triangulum australe. — Libra, *voyez* Chelae. — *Linceus, *voyez* Lynx. — Lupus, P. — Lynx, H. — Lyra, P.

Microscopium, L. — Monoceros, *Bartsch* (Usus astronomicus planisphaerii stellati; 4°, Argentinae, 1624). — *Mons Maenalus, H. — Mons Mensae, L. — Musca, *Habrecht* (Planiglobium coeleste; fol., Argentorati, 1628).

Navis (divisé en Argus, Carena, Puppis, Vela), P. — Norma, L.

Octans, L. — Ophiuchus, P. — Orion, P.

Pavo, T. — Pegasus, P. — Perseus, P. — Phoenix, T. — *Pica indica, *voyez* Tucan. — Pisces, P. — Piscis austrinus, P. — Piscis volitans, T. — Pixis nauticus, L. — *Procyon, *voyez* Canis minoris. — *Psalterium, *voyez* Harpa. — *Puppis, *voyez* Navis.

*Ramus, H. — *Rangifer, *P. C. Le Monnier* (*Fortin,* Atlas céleste de Flamsteed; 4°, Paris, 1776). — Reticulus, L. — *Robur Caroli, *Halley* (Supplementum catalogi tychonici; 4°, Londini, 1679).

Sagitta, P. — Sagittarius, P. — *Sceptrum brandeburgicum, *Bode* (Uranographia; fol., Berolini, 1801). — Scorpius, P. — Scutum Sobieski, H. — Serpens, P. — *Serpentarius, *voyez* Ophiuchus. — Sextans Uraniae, H. — *Solitarius, *Le Monnier* (Paris, H & M, 1776, 561).

Taurus, P. — *Taurus regalis [Poniatovii], *Poczobut* (Cahier des observations faites à l'Observatoire royal [de Wilna] en 1773; fol., Vilna, 1777). — Telescopium, L. — *Telescopium Herschelii, *Hell* (EpV, 1790, 285). — Triangulum, P. — Triangulum australe, T. — *Triangulum minus, H. — *Tubus astronomicus, *voyez* Telescopium. — Tucan [Pica indica, Anser Americanus], T. — *Turdus, *voyez* Solitarius.

Ursa major, P. — Ursa minor, P.

*Vela, *voyez* Navis. — Vulpecula, H.

En 1841 *John*$_1$ *Herschel* fit la proposition de remplacer les anciennes constellations par des quadrilatères sphériques, limités par les cercles d'ascension droite et de déclinaison d'une époque donnée (London, MAS, XII, 1842, 201). Au fond, c'est à peu près ce que l'observation par zones introduit insensiblement. Mais les anciennes constellations resteront probablement comme un moyen de nomenclature pour les étoiles brillantes.

§ 310. ASTROGNOSIE.

On peut recourir à un grand nombre d'ouvrages élémentaires, pour acquérir la connaissance du ciel étoilé. Indépendamment des traités dans lesquels la science entière est enseignée, et qui ont été indiqués au chap. I, il existe des ouvrages particuliers et des instructions spéciales, pour l'enseignement de l'astrognosie proprement dite.

Si nous commençons par les plus simples de ces instructions, nous trouvons :

2919. **Strauch, A.** Astrognosia synoptica et methodica, in usum gymnasiorum et academiarum adornata; 12°, Wittebergae, 1659. — Plusieurs éditions, la 7e en 1722.

2920. **[Darquier, A.]** Uranographie ou contemplation du ciel à la portée de tout le monde; 16°, Paris, 1771. — Réimprimé avec ses Lettres sur l'astronomie pratique, également sans nom d'auteur, 8°, Paris, 1786.

Ce petit ouvrage contient les figures des constellations, avec quelques explications.

2921. **Bischof, C. A.** Unterhaltungen über das gestirnten Himmel; 8°, Nürnberg, 1791.

Traduction.

Fôr wettirige af bâgge kônen angenâma tidsfôrdrif rôrande stjernhimmelen; 8°, Stockholm, 1796.

2922. **Helmuth, H.** Gestirnbeschreibung nach Bayer; 8°, Braunschweig, 1774.

2923. **Klingwall, J. G.** Uranographie eller beskrifning om stjernhimmeln; 8°, Stockholm, 1810.

2924. **Nicolai, K. H.** Wegweiser durch den Sternenhimmel; 8°, Berlin, 1812. — Plusieurs édit., la 5e en 1861.

2925. **Brasch, F.** Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten Sternbilder, ein Hülfsbuch für den Schulunterricht und zur Selbstbelehrung; 8°, Schwerin, 1848.

2926. **Möllinger, O.** Astrognosie oder Anleitung zur Kenntniss der im Mittleren Europa sichtbaren Sternbildern; 8° et atlas 4°, Solothurn, 1851.

C'est une 2e édition fort modifiée d'un ouvrage antérieur. L'atlas montre les étoiles par transparence.

2927. **Eckhardt, L. P.** Neue Sternkarte, mit einer Beschreibung der Sternkarte nebst Horizont und Anleitung zu deren Gebrauch; 8°, Darmstadt, 3e édit. en 1853.

Un cahier accompagné de 3 planches.

2928. **Niesten, L.** Alignements entre les étoiles. Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles; vol. I, 1880, p. 184. — Exposé en anglais dans The English mechanic and world of science, 4°, London; vol. XXXI, 1880, p. 464.

Le texte de Ciel et Terre est accompagné d'une carte de l'hémisphère septentrional, sur laquelle les alignements sont figurés.

Parmi les ouvrages plus considérables, qui peuvent servir à prendre une connaissance plus détaillée du ciel étoilé, nous citerons :

2929. **Garriga, J.** Uranografía ó descripcion del cielo; 8°, Madrid, 1793.

Avec trois grandes cartes célestes.

2930. **Brooke, A.** A guide to the stars, method of knowing the relative position of all the fixed stars from the first to the third magnitude; 4°, London, 1820.

Avec 12 cartes, qui embrassent la sphère céleste tout entière.

2931. **Westphal, J. H.** Astrognosie; 4°, Berlin, 1822.

2932. **Bartak, J. B.** Gemeinfassliche Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels; 4°, Wien, 1827.

Avec une introduction de *J. J. Littrow* et 13 cartes célestes.

2933. **Georgens, J. D. & Gayette, J. M. von.** Sterbilder- Buch; fol., Wien, 1858.

Avec 34 planches.

2934. **[Falb, R.]** Topographie des Himmels, eine Anleitung zur Kenntniss der Sternbilder. Sir, I, 1868, 2 ...; II, 1869, 61 ...; III, 1870, 33 ...; IV, 1871, 4 ...; VI, 1873, 101 ...; VII, 1874, 64 ...

L'auteur procède constellation par constellation, et accompagne ses descriptions de figures.

2935. **Dunkin, E.** The midnight sky, familiar notes on the stars and planets; 4°, London, 1869.

Avec 32 cartes.

2936. **Bazley, T. S.** The stars in their courses, a two-fold series of maps, with a catalogue, showing how to identify, at any time of the year, all stars down to the 5.6 magnitude; fol., London, 1878.

Ouvrage concis mais très-pratique, accompagné de 24 cartes, toutes limitées au ciel d'Europe.

2937. **Proctor, R. A.** Half-hours with the stars, a plain and easy guide to the knowlegde of the constellations; 4°, London, 1878.

Avec 12 cartes.

§ 311. CATALOGUES HISTORIQUES.

Un des premiers points établis par *Ptolémée,* dans le domaine de l'astronomie stellaire, c'est que les configurations des étoiles sont permanentes (**Ptolemaeus, MCo, lib.** VII, **cap. 1.**)

Il est vrai que la durée d'expérience, sur laquelle s'appuyait cet astronome, était encore courte. Mais en se prolongeant, elle n'a pas infirmé la conclusion, dans son acception générale. Au bout de quinze siècles, *T. Brahé* (**Braheus, AiP, I, 1602, 234.** — Reproduit : **Brahe, Opa, I, 1648, 163**) retrouvait, sur la sphère étoilée, les alignements indiqués par *Ptolémée.*

Hipparque (*Hipparchus* Asterismi [G]) et *Ptolémée* (**Ptolemaeus, MCo, lib.** VII, **cap. 5**; **liv.** VIII, **cap. 1**) désignaient les étoiles en décrivant la situation qu'elles occupaient dans les figures. *Piccolomini* eut l'idée d'affecter aux différents astres d'une constellation la suite des lettres latines (*Piccolomini,* De la sfera del mondo, 4°, Venetia, 1561; traité annexé portant pour titre : De le stelle fisse). *Bayer* (Uranometria; fol., Augustae Vindelicorum, 1603) adopta cette méthode, en préférant toutefois l'emploi des lettres grecques.

Les lettres ne suffisant plus, *Hevelius* (Uranographia; fol., Gedani, 1690) recourut à des numéros courants, dont l'emploi s'est depuis généralisé.

Hipparque et *Ptolémée* (l. c.) rapportaient les étoiles à l'écliptique. *Aboul-Hhassan,* du XIII[e] siècle, employa le premier, dans un catalogue, des ascensions droites et des déclinaisons (*J. J. Sédillot,* Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1834, p. 276, 191).

Les longitudes et les latitudes disparurent peu à peu, à mesure que l'usage des instruments méridiens, si justement préconisé par *Flamsteed* (Historia coelestis; fol., Londini, 1712), se répandit. Avant l'emploi régulier de ces instruments, on avait en quelque sorte triangulé la sphère étoilée, tant était grand le nombre des distances qu'on avait mesurées d'étoile à étoile, à des éloignements divers et dans tous les sens. C'était ainsi que les anciens astronomes fixaient les points. On peut voir un tableau de ces distances entre les plus belles étoiles, avec les noms des observateurs, dans **Ricciolus, Ara, I, 1665, 219-228.**

Knobel a donné une excellente table chronologique générale des catalogues d'étoiles, savoir :

2938. **Knobel**, E. B. The chronology of star catalogues. **London, MAS, XLIII, 1877, 1.**

Il n'y aurait qu'un petit nombre d'additions à faire à ce travail, pour le continuer jusqu'à ce jour. Nous ne pouvons mieux faire que d'y renvoyer ceux qui désirent se renseigner sur cette partie du mouvement astronomique.

Nous allons d'abord indiquer, en les groupant d'après leurs affinités, les catalogues de la période ancienne, qui n'ont plus à proprement parler qu'une valeur historique.

Le premier de tous fut construit en — 127, probablement à Rhodes, par *Hipparque* (*Baily*, dans **London, MAS, XIII, 1843, 17**). Il fut transporté par *Ptolémée* à l'an + 136, avec une précession inexacte, qui ne fait correspondre cette réduction qu'à l'an + 63 (*J. J. de Lalande,* dans **Paris, H & M, 1766, 467**). Ce catalogue a servi de base, pendant plus de seize siècles, à un nombre considérable de catalogues qu'on pourrait appeler dérivés, qui en sont déduits par l'application d'une précession plus ou moins bien calculée. Souvent on choisissait seulement, pour les réduire, les plus belles étoiles.

Voici la liste des catalogues antérieurs à l'application du télescope aux instruments divisés. Nous séparons par un trait ceux qui sont véritablement distincts.

— **127.** Hipparchus, Liber asterismorum (§ 55, n° 424). — 1 025 étoiles.

+ 136. **Ptolemaeus, MCo, lib.** VII, **cap. 5, lib.** VIII, **cap. 1.** — Reproductions d'après l'original : *Flamsteedius,* Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini ; vol. III, 1725, part. II, p. 1 ; *Montignot,* État des étoiles fixes par Ptolémée, 4°, Strasbourg, 1787; **London, MAS, XIII, 1843, 1.** — 1 025 étoiles.

880. *Albategnius,* De motu stellarum (§ 58, n° 548), cap. 51. — Le dénombrement de *Ptolémée* par constellations.

964. *Al Sûfi* [*Ebennesophim* de **Bullialdus, Aph, 1645, lib. v, cap. 3**]. Description des étoiles fixes, traduction de *Schjellerup*, 4°, Saint Pétersbourg, 1874. — 1 018 étoiles.

996. *Ibn-Iounis*, publié par *E. Bernard*, **London, PTr, 1684, 567**. — Quelques belles étoiles.

1233. *Nassir-Eddin*, **ibid.** — Quelques belles étoiles.

1252. *Alphonsus*, Tabulae (§ 155, n° 1962). — 1 022 étoiles.

1524. *Apianus*, Cosmographia (§ 39, n° 626). — 1 022 étoiles.

1530. *Gemma* Phrysius, De principiis astronomiae et cosmographiae (§ 59, n° 634). — 1 022 étoiles.

1543. *Copernicus*, De revolutionibus (§ 62, n° 652), lib. ii, cap. 14. — 1 022 étoiles.

1570. *Clavius*, Commentarius in sphaeram (§ 62, n° 658). — 1 022 étoiles.

—

1115. Chrysococca, Syntaxis (§ 58, n° 567), Ms. de la Bibliothèque nationale de Paris, extrait dans **Bullialdus, Aph, 1645, 211**. Reproduit d'après lui par **Ricciolus, Ara, 1665, I, 216**. — 24 des plus belles étoiles.

—

1282. Aboul-Hhassan, Traité des instruments des Arabes (§ 58, n° 56). Reproduit : **London, MAS, XLIII, 1877, 64**. Catalogues formés par ses observations : 240 étoiles rapportées à l'écliptique (t. I, p. 140); 210 données par leurs ascensions droites (t. I, p. 276); 180 par leurs déclinaisons (t. I, p. 191).

—

1364. Astronomus incognitus, cité par *Gassendi*, Proportio gnomonis, 4°, Massiliae, 1636, epist. ii; reproduit : **Gassendus, Opa, IV, 1727, 577**. Ce catalogue est tiré du Codex Arnaldinus; il est reproduit : **Ricciolus, Ara, I, 1665, 216**. — 46 belles étoiles.

—

1437. Ulugh Beg, Tabulae longitudinum ac latitudinum stellarum fixarum. Publié d'abord en extraits par *J. Gravius* [*Greaves*], à la suite des Canicularia de *J. Bainbridgius*, 8°, Oxonii, 1648; puis en entier par *Hyde*, 4°, Oxonii, 1665. Réimprimé : *Sharpe*, Syntagma dissertationum quas olim T. Hyde edidit, 2 vol. 4°, Oxonii, 1767; voir vol. I, pagination séparée. Aussi : *Flamsteedius*, Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; vol. III, part. ii, p. 1 Aussi : **London, MAS, XIII, 1843, 79**. — 1 018 étoiles.

—

1440. Cusa, Stellae inerrantes ex cardinalis Cusani Niceni et Alliacensis observationibus supputatae, dans ses Opera omnia ; fol., Basileae, 1565. — 64 étoiles. **Ricciolus, Ara, I, 1665, 217** en extrait 9 primaires. Ce catalogue ne figure pas dans les autres éditions des Opera de *Cusa.*

—

1504. B. Walther[us], Observationes a 1457 ad 1504 dans *Regiomontanus*, Scripta de torqueto...; 4°. Norimbergae, 1544. — 4 primaires, reproduites : **Ricciolus, Ara, I, 1665, 217.**

—

1533. M. Tizini, Tabulae declinationum et rectarum ascensionarum, publiées à la suite des Tabulae Ulugh Beighi de *Hyde,* 4°, Oxonii, 1665, et réimprimées dans l'édition de *Scharpe* des Syntagma cités tout à l'heure à l'article **1437,** Ulugh Beg. — 300 étoiles.

—

1594. Wilhelmus Hassiae, Rothmannus & Byrgius, préparé d'après leurs observations, par *Snellius,* Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae; 4°, Lugduni Batavorum, 1618. Reproduit : *Barrettus,* Historia coelestis, 2 vol. fol., Augustae Vindelicorum, 1666 [nouveau titre Ratisbonae, 1672]; vol. II, p. 545. Aussi : *Flamsteedius,* Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; vol. III, part. II, p. 24.

—

1602. T. Brahé, dans **Braheus, AiP, 1602, 258.** Reproduit : **Brahe, Opa, 1648, 179.** Aussi : *Keplerus,* Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627, p. 105; *Flamsteedius,* Historia coelestis, 1725, vol. III, part. II, p. 24; et **London, MAS, XIII, 1843, 127.** Par extrait [101 étoiles] dans *Avianus,* Catalogus stellarum illustriorum, 4°, Lipsiae, 1629. — Le catalogue de *T. Brahé* renferme 1 005 étoiles.

1627. *Schiller,* Coelum stellatum christianum, fol., Augustae Vindelicorum; p. 131. — 360 étoiles, la plupart réduites de *T. Brahé.*

—

1612. Grienberger, Catalogus veteres affixarum longitudines ac latitudines conferens cum novis; 4°, Romae. Réimprimé sous le titre : Nova imaginum coelestium prospectiva; 8°, Augustae Vindelicorum, 1679. — 1 225 étoiles, dont les coordonnées à différentes époques sont comparées entre elles.

—

1661. Hevelius, Prodromus astronomiae, fol., Gedani, 1690 ; p. 119. Aussi dans son Firmamentum sobiescianum; fol., Gedani, 1690. Reproduit : *Flamsteedius,* Historia coelestis, 1725, vol. III, part. II, p. 45; aussi **London, MAS, XIII, 1843, 183.** — 1 553 étoiles.

§ 312. CATALOGUES DU CIEL EUROPÉEN.

A partir de la fin du XVIIe siècle, les catalogues d'étoiles ont été faits à l'aide du télescope, et par l'emploi constant et régulier d'instruments méridiens. Ils prennent dès ce moment un autre caractère : la précision augmente, ainsi que le nombre des étoiles.

Les catalogues d'étoiles ayant été commencés avant que, par les voyages, on fût parvenu à l'équateur, il est naturel de les diviser en deux séries, l'une relative au ciel européen, l'autre au ciel austral. Nous nous occuperons d'abord de la première.

1690. Flamsteed, Historia coelestis britannica, 3 vol. fol., Londini, 1725; vol. III, part. III. Reproduit : **CdT, 1785, 682.** Aussi, avec additions : *Baily, F.*, An account of J. Flamsteed; 4°, London, 1835. Enfin une autre addition a été faite, d'après les observations contenues dans l'Historia coelestis, par *Carolina Herschel*, Catalogue of stars taken from Flamsteed's observations; fol., London, 1798. — 2 934 étoiles, portées à 3 310 dans l'édition de *Baily*, augmentées de 561 par *Carolina Herschel.*

1755. Bradley, réduit par *Bessel*, Fundamenta astronomiae, fol., Regiomonti, 1818; p. 138. — 3 222 étoiles tirées des observations de *Bradley*. Les coordonnées ont été transportées par *Mädler* à 1850,0, dans **Dorpat, Beo, XIV, 1856, 14.**

1814. Piazzi, Praecipuarum stellarum inerrantium positiones mediae, fol., Panormi, 1803; 2e édit. revue, 4°, Panormi, 1814. — 7 646 étoiles. On a conservé aux étoiles de ce catalogue le n° en chiffres arabes, joint à l'heure en chiffres romains, et l'initiale P.

1835. Argelander, DLX stellarum fixarum positiones mediae; 4°, Helsingforsiae. — 560 étoiles.

1843-52. C. Rümker, Oerter von 12 000 Fixsternen aus den Beobachtungen auf der Hamburger Sternwarte; 4°, Hamburg. — 11 978 étoiles.

1844. Airy, **Greenwich, Obs, 1842, app.** v. Connu sous le nom de « Greenwich catalogue. » — 1 439 étoiles.

1849. Airy, **Greenwich, Obs, 1847, app.** Connu sous le nom de « twelve-year catalogue. » — 2 156 étoiles.

1856. Airy, **Greenwich, Obs, 1854, app.** II. Désigné comme « six-year catalogue. » — 1 576 étoiles.

1859. T. R. Robinson, Places of stars observed from 1828 to 1854 at the Armagh Observatory; 8°, Dublin. Connu sous le nom de « Armagh catalogue. » — 5 345 étoiles.

1864. Airy, Greenwich, Obs, 1862, app. i. Appelé « seven-year catalogue. » — 2 022 étoiles.

1867. Schjellerup, formant Leipzig, Pub, VIII. — 6 943 étoiles ayant servi, depuis 1821 jusqu'en 1865, aux comparaisons avec les comètes, dans les divers observatoires d'Europe.

1869. T. R. Robinson, Places of one thousand stars observed at the Armagh observatory; 4°, Dublin. — 1 000 étoiles.

1870. Main, Second Radcliffe catalogue; 8°, Oxford. — 2 386 étoiles.

1871. Airy, Greenwich, Obs, 1868, app. ii. Appelé « new seven-year catalogue. » — 2 760 étoiles.

1879. T. R. Robinson, Places of one thousand stars observed at the Armagh Observatory, dans Dublin, Tra_2, I, 101. — 1 000 étoiles.

§ 313. CATALOGUES DU CIEL AUSTRAL.

1603. F. de Houtmann. Spraeckende woord-boeck, in de Maleysche en de Madagaskarsche talen met vele Arabische ende Turksche worden...; noch zijn hier byghevoecht de declinatien van vele vaste sterren staende ontrent den zuijd-pool; 4°, Amsterdam. — Ce catalogue, extrêmement rare, qui contient 304 étoiles, données à 1′ d'arc en ascension droite et en déclinaison, est reproduit dans Bma_2, V, 1881, 341.

1679. Halleius, Catalogus stellarum australium sive supplementum catalogi tychonici observationibus in insula Sanctae Helenae habitis; 4°, Londini. Reproduit à la fin de ses Tabulae astronomicae, 4°, Londini, 1749. En français : 12°, Paris, 1679. Réédité dans London, MAS, XIII, 1843, 167. Transporté à 1700 par *Hevelius*, dans son Prodromus astronomiae, fol., Gedani, 1690; et, par extraits, à 1726, par *Sharp* dans *Flamsteedius,* Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini, 1725; vol. III, part. ii. p. 77. — 341 étoiles.

1710. Noel, Observationes mathematicae et physicae in India et China factae, 4°, Pragae; p. 44. — 352 étoiles.

1752. La Caille, dans Paris, H & M, 1752, 539. Reproduit dans ses Astronomiae fundamenta, 4°, Parisiis, 1757 et dans son Coelum australe stelliferum, 4°, Parisiis, 1763. Réimprimé par la *Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin, 1776; vol. II, p. 183. — 1 935 étoiles, portées dans les dernières éditions à 1 942.

1824. Fallows, dans **London, PTr, 1824, 465.** — 275 étoiles principales entre le zénit du Cap et le pôle sud.

1831. Fallows, publié par *Airy*, dans **London, MAS, XIX, 1851, 78.** Observations du Cap en 1829-1831. — 425 étoiles.

1832. C. Rümker, Preliminary catalogue of fixed stars in the Southern hemisphere; 4°, Hamburg, 1832. — 632 étoiles.

1835. W. Richardson, A catalogue of stars, chiefly in the Southern hemisphere, from observations at sir Thomas Brisbane's Observatory at Paramatta; 4°, London. Connu sous le nom de « Brisbane catalogue. » — 7 385 étoiles.

1838. M. J. Johnson, A catalogue of fixed stars deduced from observations at St. Helena; 4°, London. — 606 étoiles.

1839. T. G. Taylor, A subsidiary catalogue of the fixed stars in the Southern hemisphere, dans Result of astronomical observations made at the... Observatory at Madras, 4°, Madras; vol. V, 1849, p. j. — 3 455 étoiles.

1845. T. G. Taylor, A general catalogue of the principal fixed stars from observations made at Madras in the years 1830-1843; 4°, Madras. — 11 015 étoiles.

1852. Gilliss, dans **Washington, Obs₂, 1868, app.** D'après les observations faites à Santiago du Chili en 1850-1852. — 2 253 étoiles.

1854. Jacob, A subsidiary catalogue of stars selected from the British Association catalogue, from observations made at Madras in the years 1849-1852. A la suite des Observations made at Madras in the years 1848-1852; 4°, Madras, 1854. — 1 440 étoiles.

1855. Moesta, dans les Observaciones astronómicas hechas en el Observatorio de Santiago de Chile; vol. I, fol., Santiago, 1859. — 999 étoiles. Continué dans le vol. II, fol., Dresdae, 1875. — 3 309 étoiles.

1861. Maclear, sous le titre : *E. J. Stone,* The Cape catalogue deduced from observations at the Royal Observatory Cape of Good Hope, 1856 to 1861; 4°, Cape Town, 1873. — 1 159 étoiles.

1865. Ellery, dans les Astronomical observations made at the Williamstown Observatory [Melbourne] in the years 1861-1865 [vol. I], 8°, Melbourne, 1869; p. 104. — 546 étoiles.

1870. E. J. White, publié par *Ellery,* First Melbourne general catalogue deduced from observations extending from 1863 to 1870; fol., Melbourne, 1874. — 1 227 étoiles.

1879. E. J. Stone, Catalogue of stars from observations made at the Royal Observatory, Cape of Good Hope, during the years 1871 to 1879; 4°, London, 1881. — 12 441 étoiles.

§ 314. CATALOGUES DE PRÉCISION.

A côté des catalogues qui avaient surtout pour but de décrire le ciel, en déterminant de nombreuses étoiles, il y en a d'autres, dans lesquels on s'est attaché à donner une grande précision aux positions d'un petit nombre d'astres principaux. Dans ces catalogues, chaque détermination repose sur des observations nombreuses. et dans plusieurs cas sur des mesures absolues. Nous rangeons, entre autres, dans cette classe, les travaux suivants :

1757. La Caille, dans ses Astronomiae fundamenta, 4°, Parisiis; p. 233. — Les déclinaisons de 397 étoiles, déterminées fort soigneusement et par des observations répétées.

1774. Maskelyne, Tables for computing the apparent places of the fixt stars, dans : Astronomical observations made ad the Royal Observatory at Greenwich, 4 vol. fol., London; vol. I, 1774, p. 5, tab. x. Revu dans vol. II, 1788, pref.; puis dans vol. IV, part. ii, 1805, p. 112, avec reproduction dans **NAl, 1820.** — D'abord 34 étoiles, puis 36, nommées plus particulièrement « fondamentales, » dont les positions sont répétées dans un grand nombre d'ouvrages du commencement de ce siècle.

1792. De Zach, Tabulae motuum solis, quibus accedit fixarum praecipuarum catalogus novus; 4°, Gothae. Le catalogue d'étoiles est reproduit dans *Vince*, A complete system of astronomy, 3 vol. 4°, Cambridge; vol. II, 1799, p. 523. — 381 étoiles.

1806. Piazzi, dans Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; part. VI, p. 1. Observations réduites de nouveau par *Auwers,* dans **Leipzig, Pub, V, 1866.** — 220 étoiles.

1824. F. Struve, Stellarum fixarum positiones mediae, fol., Petropoli, 1852; p. xxxviij et cxij. — Étoiles fondamentales; le second catalogue est une seconde édition corrigée.

1825. Bessel, Tabulae regiomontanae, 8°, Regiomonti; p. 201, tab. x. Les déclinaisons ont été de nouveau réduites par *E. Luther* dans **Königsberg, Beo, XXIII, 1859, 115**; aussi **ANn, XLV, 1857, 305.**

1832. Pond, dans **Greenwich, Obs, 1829, part. v, p. 68.** Ce catalogue de 2881 étoiles dont 64 fondamentales, est quelquefois appelé « Greenwich catalogue. »

1833. T. Henderson, dans **London, MAS, XV, 1846, 129; X, 1838, 80.** Le premier mémoire contient les ascensions droites et le second les déclinaisons, d'après ses observations du Cap en 1832-1833. — 172 étoiles des deux hémisphères.

1854. WROTTESLEY, dans **London, MAS, XXIII, 1.** — Ascensions droites de 1 009 étoiles.

1856. LE VERRIER, dans **Paris, MOb, II, tab. v.** Positions de 46 étoiles de 10 en 10 ans, depuis 1750 jusqu'en 1900, d'après les meilleures observations.

Les positions de ces 46 fondamentales ont été calculées par *Danckwortt,* d'après les éléments de *Le Verrier,* et en tenant compte des mouvements propres, pour tous les siècles, depuis — 2 000 jusqu'en + 1 800. Voyez ce travail dans **Leipzig, Vjh, XVI, 1881, 9.**

1868. O. STRUVE, dans **Leipzig, Vjh, III, 1868, 169; IV, 1869, 324.** Connu sous le nom de « catalogue de Poulkova. »

1870. NEWCOMB, dans **Washington, Obs$_2$, 1867, app. III, p. 41.**

1871. YARNALL, Catalogue of stars observed at the U. S. Naval Observatory, Washington, during the years 1845 to 1871; 4°, Washington, 1873; 2e édit., 1878.

1873. WINLOCK, d'après les observations de Cambridge, États-Unis d'Amérique, dans **ANn, LXXX, 1873, 193; LXXXII, 1873, 33.** — 156 étoiles fondamentales.

1875. NYRÉN, Déclinaisons moyennes corrigées des étoiles principales... déduites des observations faites au cercle vertical de Poulkova dans les années 1842-1849; 4°, St. Pétersbourg.

1879. AUWERS, Fundamental catalogue für die Zonen-Beobachtungen am nördlichen Himmel. Dans **Leipzig, Pub, XIV, 49.** — 539 étoiles.

L'auteur a ajouté (**Leipzig, Vjh, XV, 1880, 269, 280**) 303 et 83 étoiles, pour l'extension des zones jusqu'au parallèle de — 30°.

1881. RESPIGHI, dans **Roma, Mem, VIII, 101.** — Déclinaisons de 1 463 étoiles entre + 20° et + 64°.

1881. NEWCOMB, Catalogue of standard clock and zodiacal stars, dans Papers prepared for the American Ephemeris, 4°, Washington, n° 4. — 1 098 étoiles, dont les positions sont données pour 1755, 1850 et 1900. L'auteur essaie de tenir compte de la non-uniformité de quelques mouvements propres.

Les différents catalogues ont été comparés entre eux, au point de vue des déclinaisons, par *Auwers* (**ANn, LXIV, 1865, 305**). Un travail analogue a été fait par *Newcomb* pour les ascensions droites (**Washington, Obs$_2$, 1870, app. III**).

§ 315. CATALOGUES GÉNÉRAUX.

Il serait extrêmement désirable qu'on formât une sorte de digeste des catalogues existants. *F. H. Wollaston* avait conçu le plan d'une pareille entreprise, et en avait donné un spécimen (*Wollaston, F.H.,* A specimen of a general astronomical catalogue arranged in zones of North polar distance; fol., London, 1789). Mais ce travail, qui eût déjà été considérable à la fin du siècle dernier, le serait aujourd'hui bien davantage.

On a cependant formé, à différentes époques, en empruntant les déterminations directes aux observateurs de divers pays, des catalogues d'une certaine généralité, c'est-à-dire qui embrassent d'une manière plus ou moins détaillée la sphère entière. La première conception de ce genre fut celle de

1623. Schickard[us], Astroscopium pro facillima stellarum cognitione, 12°. Tubingae. Réimprimé, Stutgardiae, 1645, et Stutgardiae & Lipsiae, 1698. — Catalogue de compilation, contenant 1 692 étoiles. Quelques-unes de ces étoiles sont du ciel austral.

On peut énumérer ensuite :

1801. Bode, Allgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne ; fol., Berlin. — 17 240 étoiles, prises de divers observateurs, pour accompagner son Uranographia. On se sert quelquefois du numérotage de ce catalogue, en le distinguant par des parenthèses qui contiennent les chiffres, ou par l'addition du mot Bode.

1827. Baily, A general catalogue of the principal stars, dans **London, MAS, II, app., p. lvj.** Connu sous le nom de « Astronomical Society Catalogue, » et désigné par ASC. — 2 881 étoiles.

1845. Baily, The catalogue of stars of the British Association for the advancement of science; 4°, London. Désigné par les lettres BAC. — 8 377 étoiles.

§ 316. CATALOGUES SPÉCIAUX.

Nous désignons sous ce nom les catalogues qui s'appliquent seulement à une partie circonscrite du ciel. Ils ont principalement pour objet les deux calottes polaires de la sphère, la zone zodiacale, ou bien des groupes d'étoiles.

Étoiles circompolaires boréales.

1810. GROOMBRIDGE, Catalogue of circumpolar stars, edited by *Airy;* 4°, London, 1838. — 4 243 étoiles.

1844. E. COOPER & A. GRAHAM, dans **ANn**, **XXI**, **151**. — 50 étoiles à moins de 2° de distance du pôle nord.

1845. M. J. JOHNSON, The Radcliffe catalogue, with introduction by *Main;* 8°, Oxford, 1860. — 6 317 étoiles, principalement circompolaires septentrionales. L'auteur avait donné en 1855, dans **Oxford**, **Res**. **XVI**, **178**, les positions de 164 étoiles entre + 84° et + 90°, d'après ses observations de 1840 à 1855.

1856. CARRINGTON, A catalogue of circumpolar stars observed at Red Hill in the years 1854-1856; 4°, London, 1857. — 2 735 circompolaires septentrionales entre + 81° et + 90°.

Étoiles zodiacales.

1757. T. MAYER, dans ses Opera inedita, 4°, Gotingae, vol. I [le seul qui ait paru]; p. 49. Reproduit : **CdT**, **1788**, **300**; réduit à 1800,0 dans **BaJ**, **1790**, **115**, Donné par *Vince* dans son Complete system of astronomy, 3 vol. 4°, Cambridge; vol. II, 1799, p. 547. Réimprimé avec additions par *Baily*, **London**, **MAS**, **IV**, **1831**, **403**. — 998 étoiles.

1757. LA CAILLE, dans ses Astronomiae fundamenta, 4°, Parisiis; p. 238. Étendu dans les Éphémérides des mouvements célestes, t. VI, pour 1765-1774; 4°, Paris, 1763. Cette édition étendue est reproduite dans *Vince*, A complete system of astronomy, 3 vol. 4°, Cambridge; vol. II, 1799, p. 495. — 130 étoiles dans les Fundamenta, 515 dans les Éphémérides.

1759-73. P. C. LE MONNIER, Observations de la Lune, du Soleil et des étoiles fixes, 4 livr. fol., Paris; livr. III, 1759 et livr. IV, 1773. — 371 étoiles d'une part et 200 de l'autre. *Le Monnier* avait commencé par donner (Nouveau zodiaque; 8°, Paris, 1755), le catalogue des étoiles zodiacales qui sont dans *Flamsteed.*

1800-20. CATUREGLI, dans ses Ephemerides motuum coelestium ex anno 1817 ad annum 1822; 4°, Bononiae, 1819. — 519 étoiles zodiacales, données en longitude et en latitude.

1864. DOWNES & HILL, Catalogue of zodiacal stars; 4°, Washington.

Étoiles circompolaires australes.

1873. E. J. STONE, dans London, MNt, XXXIII, 55. — 78 circompolaires australes, dans un rayon de 10° du pôle.

1873. E. J. WHITE, dans ANn, LXXXII, 19. — 56 étoiles voisines du pôle sud.

Groupes d'étoiles.

La description des amas d'étoiles, dans le sens restreint, appartient au chap. XXVI. Nous ne mentionnerons ici que quelques listes d'étoiles relatives au groupe des Pléïades.

1601. T. BRAHE, dans *Keplerus,* Tabulae rudolphinae, fol., Ulmae, 1627; p. 115. — 11 étoiles des Pléïades.

1650. MUT[US], dans une lettre publiée par Ricciolus, Ara, I, 1665, 243. — 7 étoiles des Pléïades.

1781. JEAURAT, dans CdT, 1783, 256. — 64 étoiles des Pléïades.

1841. BESSEL, à l'héliomètre, dans ANn, XVIII, 353. — 53 étoiles des Pléïades.

1877. C. WOLF. Description du groupe des Pléïades, et mesures micrométriques des positions relatives des principales étoiles qui le composent; dans Paris, MOb, XIV, II, 1877, A1. — 79 étoiles.

§ 317. OBSERVATIONS PAR ZONES.

Nous les datons par les années dans lesquelles chaque travail a été terminé.

Zones dans le ciel européen.

1785. D'AGELET, observations d'étoiles du ciel européen, en 1783-1785, dans *Lalande,* Histoire céleste, 4°, Paris, 1801, p. 481, et dans Paris, H & M, 1789, 641; 1790, 633. — Réduites par *Gould,* dans les Memoirs of the national Academy of sciences, 4°, Washington; vol. I, 1866, p. 153. — 6 497 étoiles.

1790. M. J. J. de Lalande, zones dans l'hémisphère septentrional, dans **Paris, H & M, 1789, 187; 1790, 345.** — 5 012 étoiles réduites par *Fedorenko,* Positions moyennes pour 1790 des étoiles circompolaires de Lalande; 4°, St. Pétersbourg, 1854. Voyez les corrections indiquées par *Argelander,* dans **Bonn, Beo, VI, 1867, 22** et par *Oeltzen,* dans **Wien, Stz, XII, 911.**

1799. Vidal, zones entre — 30° et — 45°. — 887 étoiles réduites, dans **CdT, an XI [1803], 264.**

1801. M. J. J. de Lalande, zones dans la partie du ciel visible sur l'horizon de Paris, publiées dans *Lalande, J. J. de,* Histoire céleste française; 4°, Paris, 1801. — 47 390 de ces étoiles ont été réduites par *Baily,* A catalogue of those stars in the Histoire céleste française for which tables of reduction have been published; 8°, London, 1847.

1827. Schwerd, zones entre + 70° et + 90°, dans Beobachtungen angestellt auf der Sternwarte in Speyer; 2 vol. 4°, Speyer, 1829-1830. — 1 397 étoiles réduites par *Oeltzen,* dans **Wien, Dks, X, 1855, 71.**

1831. Bessel, zones entre — 15° et + 45°, dans **Königsberg, Beo, VII, 1822 à XVII, 1833.** — Réduites en deux parties, savoir : D'une part, 31 085 étoiles entre — 15° et + 15°, par *Weisse,* Positiones mediae stellarum fixarum in zonis regiomontanis inter — 15° et + 15° declinationis observatarum; fol., Petropoli, 1846. D'autre part, 31 445 étoiles entre + 15° et + 45°, par *Weisse,* Positiones mediae stellarum fixarum in zonis regiomontanis inter + 15° et + 45° declinationis observatarum; fol., Petropoli, 1863.

1846. Argelander, zones entre + 45° et + 80°, en continuation de celles de *Bessel,* dans **Bonn, Beo, I, 1846.** — 26 425 étoiles réduites par *Oeltzen,* dans **Wien, Ann_3, I, 1851; II, 1852.** Le premier de ces volumes contient les étoiles dont l'ascension droite est comprise entre $0^h\ 0^m$ et $11^h\ 34^m$; le second volume renferme le reste.

1846. [Hubbard & Maynard], publié par *M. F. Maury,* Zones of stars observed at the national Observatory, Washington; vol. I, part i, 4°, Washington, 1860. Zones entre — 44° 53′ et — 24° 56′. — 5 800 étoiles environ, observations et réductions.

1849. Coffin, Page, Steedman, zones observées à Washington, de 1846 à 1849; non réduites. Les observations s'étendent, dans **Washington, Obs_2, 1869,** à 12 033 étoiles entre — 41° et — 9°; et dans **Washington, Obs_2, 1870,** à 14 804 étoiles entre — 40° et — 4°.

1849. Major, Maynard, Muse, publié par *Sands,* Zones of stars observed at the U. S. Naval Observatory with the meridian circle; 4°, Washington, 1873. Ces zones s'étendent de — 40° 50′ à — 16° 50′; mais elles sont fort incomplètes en ascension droite. — 7 390 étoiles, observations et réductions.

1852. Argelander, zones entre — 31° et — 15°, pour étendre au sud les zones de *Bessel;* observations dans Bonn, Beo, II, 1852. — 23 250 étoiles réduites par *Oeltzen,* dans Wien, Stz, XXVI, 1857, 151; XXVII, 1857, 81, 451; XXIX, 1858, 177, 459; XXXI, 1858, 357.

1856. E. Cooper, Catalogue of stars near the ecliptic, ... whose places are supposed to be hitherto unpublished; 5 vol. 8°, Dublin. Observations faites en partie par *A. Graham.* — 72 000 étoiles.

1860. Santini, assisté par *Trettenero,* zones entre — 15° et + 10°, dont les réductions sont publiées de la manière suivante, dans les Memorie dell' Istituto Veneto, 4°, Venezia :

— 15°	à — 12°30′	vol. X, 1862.	— 2 246	étoiles.
— 12 30′	à — 10	» VII, 1858.	— 2 706	»
— 3	à 0	» XV, 1870.	— 1 425	»

Il faut y ajouter :

0	à + 10	London, MAS, XII, 1842, 273.	— 1 677 étoiles.

1860. W. C. Bond & G. P. Bond, zones avec leur réduction, entre 0° et + 1°, achevées de publier par *Winlock,* savoir :

0° 0′	à + 0°20′	Cambridge, Ann, I, part II, 1855	— 5 500 étoiles.
0 20	à 0 40	Ibid., II, part. II, 1867	4 484 »
0 40	à 1 0	Ibid., VI, 1871	6 100 »

1862. Argelander, assisté de *Schönfeld* et de *Krueger,* Durchmusterung des nördlichen Himmels, revue du ciel entre — 2° et + 90°, donnant la plupart des étoiles jusqu'à la 10e magnitude, à 0s,1 en ascension droite et 0′,1 en déclinaison; publié dans Bonn, Beo, comme suit :

— 2°	à + 20°	vol. III, 1859.	— 110 984	étoiles.
+ 20	à + 41	» IV, 1861.	— 105 075	»
+ 41	à + 90	» V, 1862.	— 108 129	»

On désigne généralement par DM, suivi du numéro de la zone et de celui de l'astre, les étoiles de cette grande collection.

1863. Lamont, zones depuis — 33° jusqu'à + 27°; les observations sont dans les Annales der Sternwarte in München, 8°, München; vol. II, 1849; IV, 1850; VII, 1854; IX, 1857; XIV, 1865. Les catalogues contenant les positions

réduites se trouvent dans les Supplemente zu den Annalen der Sternwarte in München, 13 vol. 8°, München, de la manière suivante :

— 33° à — 27°	vol.	XIII, 1874. —	591	étoiles.
— 27 à — 21	»	»	904	»
— 21 à — 15	»	»	1 621	»
— 15 à — 9	»	XII, 1872. —	4 093	»
— 9 à — 3	»	IX, 1869. —	4 793	»
— 3 à + 3	»	V, 1866. —	9 412	»
+ 3 à + 9	»	VIII, 1869. —	6 323	»
+ 9 à + 15	»	XI, 1871. —	3 571	»
+ 15 à + 21	»	XIII, 1874. —	1 818	»
+ 21 à + 27	»	» —	630	»

1864. Capelli, zones entre — 25° et — 15°. — 661 étoiles réduites dans **EfM, 1865, 3.**

1864. Schjellerup, zones entre — 15° et + 15°. — 10 000 étoiles publiées dans son ouvrage : Stjernefortegnelse indeholdende positioner af teleskopiske fixstjerner; 4°, Kjöbenhavn, 1864.

1867. Argelander, zones entre — 14°40′ et + 90°; observations dans **Bonn, Beo, III, 1859** à **V, 1862.** — 33 811 étoiles observées au cercle méridien, réduites dans **Bonn, Beo, VI, 1867, 1.**

1868. K. L. von Littrow, zones de + 15° à + 19°, dans **Wien, Ann$_3$, VII, 1856** à **XVIII, 1868.** — 26 006 étoiles, non réduites.

1869. Copeland & Börgen, zone de — 2° à 0°. — 6 595 étoiles réduites dans les Astronomische Mittheilungen von der Sternwarte in Göttingen, 4°, Göttingen; vol. I, 1869.

1869. Tacchini, zones non réduites entre — 28° et — 18°. — Observations de 1 001 étoiles, publiées dans le Giornale di scienze dell' Istituto tecnico di Palermo, 4°, Palermo; vol. III, IV et V, 1868-1869.

1882. L. de Ball, zone de + 49° à + 51°; les déclinaisons seulement, observées à Gotha, avec l'instrument des passages par le premier vertical. — 200 étoiles réduites, **ANn, CI, 1882, 353.**

Zones dans le ciel austral.

1752. La Caille, Coelum australe stelliferum; 4°, Parisiis, 1763. — 9 766 étoiles entre le tropique méridional et le pôle sud, réduites par *T. Henderson,* A catalogue of stars in the Southern hemisphere; 8°, London, 1847.

En cours d'exécution :

Ellery, zones entre — 65° et — 60°, dans Astronomical observations made at the Melbourne Observatory, 8°, Melbourne; vol. I-IV, 1869-1873.

Un grand travail ayant pour but une nouvelle revue des étoiles jusqu'à la 9e magnitude, a été réparti entre différents Observatoires, en 1865 et 1869. Nous allons indiquer cette répartition, ainsi que les changements auxquels elle a été sujette, dans le cours du travail.

Zones.		Observatoire qui en est chargé.	Référence.
+ 81° à	+ 75°	Kasan	Leipzig, Vjh, IV, 1869, 75.
75	70	Dorpat	Ibid., » »
70	65	Christiania	Ibid., » »
65	55	Helsingfors	Ibid., » »
		transféré à Gotha.	Ibid., XVI, 1881, 316.
55	50	Cambridge, E. U.	Ibid., V, 1870, 165.
50	40	Bonn	Ibid., IV, 1869, 75.
40	35	Chicago.	Ibid., » »
		transféré à Lund.	Ibid., XIII, 1878, 201.
35	30	Leide	Ibid., X, 1875, 252.
30	25	Cambridge, Angl	Ibid., IV, 1869, 75.
25	15	Berlin	Ibid., » »
15	10	Leipzig	Ibid., » »
10	4	Mannheim . . .	Ibid., » »
4	1	Neufchâtel	Ibid., » »
A cette distribution on a substitué :			
10	5	Leipzig	Ibid., XIII, 1878, 201
5	1	Albany	Ibid., » »
1	— 2	Nicolaïeff	Ibid., X, 1875, 250.
0	— 40	Madras.	London, MNt, XXV, 1865, 119.
— 40	— 80	Melbourne.	Ibid., » »
— 80	— 90	Le Cap.	Ibid., » »

§ 318. GLOBES CÉLESTES.

L'opinion la plus ancienne, recueillie par les auteurs classiques, attribue à *Atlas* l'invention de la sphère, et la première représentation géométrique des mouvements apparents des astres (*Homerus*, Odyssea [G], lib. I, v. 52; *Diodorus siculus*, Bibliotheca historica [G], lib. IV; *Vitruvius*, De architectura [L], lib. VI, cap. 10; *Plinius*, Historia naturalis [L], lib. II, cap. 8). Il est certain qu'*Eudoxe* avait construit une sphère céleste au — IVe siècle (*Hipparchus*, In Arati et Eudoxi phaenomena [G], lib. I); *Strabon* (Res geographicae [G], lib. II) parle d'un globe étoilé qui aurait eu *Kratès* pour auteur, vers l'an 150 avant notre ère; et d'après le rapport d'*Ovide*

(*Fasti* [L], lib. vi, v. 277), *Archimède* en aurait dressé un, à une époque encore plus ancienne.

On peut lire au sujet des sphères antiques, une étude de

2939. Schieck, —. Die Himmelsgloben des Anaximander und Archimedes, ein Beitrag zur Aufhellung des Alterthums; 2 vol. 4°, Hanau, 1843-1846.

Mais de toutes les sphères construites dans l'antiquité, aucune n'est parvenue jusqu'à nous.

On connaît seulement, en marbre, un fragment de planisphère gréco-égyptien, du Vatican, décrit par *Bianchini* (Paris, H & M, 1708, 110) et discuté par *A. de Humboldt* (Vues des Cordillères, 2 vol. 8°, Paris; vol. II, 1814, p. 42), ainsi qu'un globe du Musée d'Arolsen, dont on doit la notice à *Gaedechen* (Der marmorne Himmelsglobus des Antikencabinets zu Arolsen; 8°, Göttingen, 1862, avec 2 pl.).

Toute notre connaissance du dessin des constellations classiques se réduit aux descriptions écrites de *Ptolémée* et de ses successeurs, et à un petit nombre de globes qui ne remontent qu'à la période arabe. C'est sur ces maigres éléments que les modernes ont essayé de restituer les images de la sphère antique.

Les premières de toutes les figures destinées à réaliser cette restauration, ont été dessinées et gravées sur bois par *Albert Durer*, en 1515. Les étoiles y ont été placées par *Heinfogel* (*Doppelmayr*, Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern, fol., Norimbergae, 1730; p. 44). Elles formaient deux hémisphères, devenus si rares qu'ils n'ont été vus par aucun bibliographe contemporain. C'est de cette restauration de *Durer* qu'ont été copiées, à peu de changements près, toutes les représentations imagées, portées sur les sphères modernes.

A une époque plus récente, un nouvel essai de restitution, indépendant, a été fait par

2940. Mackey, S. A. The original deseign of the ancient zodiacal und extra-zodiacal constellations; 8°, Norwich, 1834.

Parmi les globes arabes qui nous restent, le plus célèbre est celui en cuivre du musée Borgia, à Veletri, décrit par

2941. Asseman[us], S. Globus coelestis cufico-arabicus Veliterni musei Borgiani illustratus; 4°, Patavii, 1790.

Il a été également représenté par *Jomard* (Les monuments de la géographie, fol., Paris, 1854; pl. i). L'auteur de ce globe s'appelait *Caisar;* il l'a exécuté en 1225 pour le sultan d'Égypte.

Il existe plusieurs notices sur le globe céleste du Salon mathématique de Dresde, qui date de 1279 :

2942. **Beigel, G. W. S.** Nachricht von einer Arabischen Himmelskugel mit Kufischer Schrift, welche im mathematischen Salon zu Dresden aufbewahrt wird. **BaJ, 1808, 97.**

2943. **Schier, K.** Globus coelestis arabicus qui Dresdae in regio museo mathematico asservatur; 4°, Lipsiae, 1865.

2944. **Drechsler, A.** Der arabische Himmels-Globus angefertigt 1279 zu Maragha von Muhammed bin Muwajid Elardhi zugehörig dem mathematisch-physikalischen Salon zu Dresden; 4°, Dresden, 1873.

Quelques autres globes arabes ont encore été décrits, savoir :

Par *Dorn*, une sphère arabe (Transactions of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, 4°, London; vol. II, 1830); et un globe céleste de 1275 (Journal of the Royal Asiatic Society, 8°, London; vol. XII, 1845);

Par *R. W. Rothmann*, un globe arabe appartenant à la Société Astronomique de Londres (**London, MAS, XII, 1842, 381**);

Par *Meucci*, un globe arabe de 1081, le plus ancien de tous ceux que l'on possède, découvert récemment à Florence (**London, MNt, XXXVII, 1877, 426**. Aussi dans les Publicazioni dell' Istituto di studj superiori di Firenze, scienze fisiche e naturali, 8°, Firenze; 1878);

Par *Remeis*, un globe du Musée Farnèse de Naples, de 1225 (**Sir, XII, 1879, 62**).

Aux globes arabes ont succédé ceux des astronomes européens. On a fort peu de détails sur les plus anciens. On sait seulement que *Batecombus* en fit un d'après *Ptolémée*, et que *Regiomontanus* et *J. Ziegler* en avaient construit (**Lalande, Ast$_3$, I, 1792, 242**). C'étaient d'abord des globes en métal, qui se vendaient avec les principaux traités d'astronomie, notamment avec le De principiis astronomiae et cosmographiae de *Gemma* Frisius, 1530 (*Kästner,* Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. IV, 1800, p. 86). *T. Brahé* en fit lui-même un de 1,9 de diamètre (**MCz, XIII, 1806, 295**). A la fin du XVI[e] siècle et au commencement du XVII[e], cet art se développa particulièrement dans les Pays-Bas, où *J. Hond*[*ius*], *G. I*[*ansonius*] *Blaeu* et *M. F. van Langren* [*Langrenus*] en ont fabriqué un grand nombre. Ces globes sont devenus fort rares dans les collections.

Sur ces premiers globes de la renaissance européenne on peut consulter

2945 Kästner, A. G. Weltkugeln. Dans sa Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. IV, 1800, p. 84.

L'un des globes les plus intéressants, produits par l'école hollandaise, est celui de Jansson *Blaeu* de 1603, qui est le plus ancien, dans nos collections, sur lequel figurent les étoiles du ciel austral jusqu'au pôle antarctique. Ce monument précieux de la littérature astronomique, forme le second article de la liste ci-dessous des globes célestes les plus importants.

1551. Mercator, G. Sphaera coelestis; Lovanii. — 2e édit. d'après l'original, par *J. E. X. Malou;* fol., Bruxelles, 1875.

1603. Ianssonius [Blaeu], G. Sphaera stellifera; Alcmariae. — Les méridiens sont des cercles de latitude et convergent aux pôles de l'écliptique. Jansson *Blaeu* a construit des globes qui avaient jusqu'à 0^{m},80 de diamètre. Le Conservatoire des Arts et Métiers de Paris en possède un de 1622, de 0^{m},67 de diamètre, dont *Baudet* a donné une notice dans le Bulletin de l'Association scientifique de France, 8°, Paris; vol. XVI, 1875, p. 407.

1640. Langrenus, M. F. Globus coelestis; Bruxellis. Diamètre 0^{m},68.

1642. Caesius [Blaeu], J. Globus coelestis; Amstelodami. Diamètre 0^{m},68.

1654. Olearius. Globus coelestis; Gottorpi. Diamètre 3^{m},5. Exemplaire unique. Ce globe est en feuilles de cuivre; on se place à l'intérieur; les étoiles sont figurées par des trous, qui laissent passer la lumière. Il a été construit pour le duc de Holstein, au château de Gottorp, près Schleswig. En 1713, il fut envoyé à Pierre Ier de Russie, et se trouve encore à Pétersbourg.

1683. Coronelli, V. Globe céleste; Venise. Diamètre 3^{m},85. — Exemplaire unique, construit pour Louis XIV, et conservé maintenant à la Bibliothèque nationale de Paris. Les cercles, qui sont en bronze, ont été ajoutés, sous la direction de *Mansard.* On voit sur ce globe la position des planètes à l'instant de la naissance de Louis XIV.

1693. Coronelli, V. Globo celeste; Venezia. Diamètre 1^{m},09. — Ce globe est gravé et a été mis dans le commerce.

1740. Senex. J. Globus coelestis; Londini. Diamètre 0^{m},62. — Il y a aussi un plus petit modèle de 0^{m},39.

1751. Vaugondy, R. de. Globe céleste; Paris. Diamètre 0^{m},51.

1765. Long, R. Celestial globe; Cambridge. Diamètre 5^{m},48. — Exemplaire unique, à l'université de Cambridge.

1775. **Lalande, J. J. de.** Nouveau globe céleste; Paris. Diamètre 0m,32.

1780. **Fortin, J.** Globe céleste; Paris. Diamètre 0m,32. — Les étoiles ont été placées par *Messier*.

1819. **Cary, —.** Celestial globe; London.

1824? * * * Himmelsglobus in sechs Blättern; Magdeburg.

1845. **Malby, —.** Celestial globe-atlas; 21 feuilles, London. Réédition par *I. Addison*.

1882. **Lebègue, A. N.** Globe céleste; Bruxelles. Diamètre 0m,32. — Les étoiles ont été placées par *L. Niesten*.

Le globe céleste à pôle mobile, destiné à tenir compte des effets de la précession, a été indiqué par *J. Cassini* (Paris, H & M, 1708, his, 93).

§ 319. ATLAS D'ÉTUDE.

Nous comprenons ici les atlas et les grands planisphères, qui servent principalement à l'étude générale du ciel.

Nous n'entrerons pas dans le détail des systèmes de projection, qui appartiennent à une autre science que l'Astronomie. Mais nous devons dire un mot du choix de la face de la sphère sur laquelle la projection s'effectue.

Ptolémée et tous les anciens décrivaient les figures symboliques qu'ils se représentaient sur la sphère céleste, comme s'ils les voyaient du dehors. Elles étaient tracées pour eux sur la face convexe. *Bayer* (Uranometria; fol., Augustae Vindelicorum, 1603) osa introduire une innovation importante, en supposant le dessin sur la face concave. Chaque carte partielle représentait ainsi, dans ses rapports réels, la région du ciel à laquelle elle correspondait. Mais les figures antiques se trouvaient retournées; α Orionis, par exemple, au lieu d'être l'épaule droite, devenait l'épaule gauche, et β Orionis, au lieu de se trouver sur le pied gauche, se plaçait sur le pied droit.

A cette époque, où la nomenclature alphabétique n'était pas bien établie, un pareil renversement jetait un grand trouble dans les désignations. Aussi cette innovation éprouva-t-elle une forte résistance. *Schickard* la combattit vigoureusement (*Schickardus,* Astroscopium; 12°, Tubingae, 1623). *Hevelius* (Firmamentum sobiescianum; fol., Gedani, 1690) ne put se résoudre à bouleverser les dénominations de *Ptolémée*, par rapport au côté droit et au côté gauche des personnages; et il prit le parti de retourner les figures de *Bayer,* pour leur rendre leur situation primitive. *Flamsteed* se détermina, par les mêmes motifs, à représenter le ciel par sa convexité (*Flamsteedius,* Historia coelestis, 3 vol. fol., Londini; vol. III, 1725, proleg., p. 156).

Mais depuis que la nomenclature des anciens est tombée complétement en désuétude, depuis surtout que *Harding* (Atlas novus coelestis; fol., Gotingae, 1822) a eu la hardiesse de supprimer, sur les cartes célestes, jusqu'aux plus simples linéaments des figures antiques, rien ne s'oppose plus longtemps à la représentation naturelle du ciel par sa concavité. La division des cartes en nombreuses planches partielles facilite encore ce résultat.

Voici la liste des principaux atlas célestes et des planisphères, qui peuvent servir à une première étude générale du ciel étoilé.

1515. Stabius, J. Planisphaerium stellatum; fol., Norimbergae. — Ce sont les deux planisphères gravés sur bois d'Albert *Durer,* étoiles placées par *Heinfogel,* dont il a été parlé au § précédent. On ne connaît plus aucun exemplaire de ce premier travail.

1561. Santbech, D. Problematum astronomicorum et geometricorum sectiones septem; fol., Basileae. — A cet ouvrage sont jointes les figures des constellations.

1595? *** Imagines celi; 2 grandes feuilles, s. l. n. d. — Gravure sur bois qui paraît antérieure à 1600; l'une des feuilles représente le ciel européen, l'autre porte une ébauche du ciel austral. Se trouve à Poulkova.

1623. Schickard[us], W. Astroscopium pro facillima stellarum cognitione; 12°, Tubingae, 1623. 2e édit., 1645; 3e, 1698. — Représentation à l'intérieur d'un cône, dont le sommet est au pôle. Cet essai a été renouvelé en 1692 par *Zimmermann.*

1661. Cellarius, A. Harmonia macrocosmica seu atlas universalis; 8 feuilles pour le ciel étoilé (sur 29 dont se compose l'atlas), Amstelodami. Réimprimé, 1708.

1673. Pardies, J. G. Globi coelestis descriptio; 6 feuilles, Parisiis. — Ces 6 feuilles forment les faces d'un cube circonscrit à la sphère.

1679. Royer, A. Cartes du ciel, 4 feuilles, Paris. — L'auteur fait usage du catalogue de *Halley* pour le ciel austral. La Croix du sud paraît pour la première fois sur ces cartes.

1710. Noel, F. Observationes in India et China factae; 4°, Pragae. — Il y a, dans cet ouvrage, une carte en une feuille des étoiles comprises entre le parallèle de — 40° et le pôle sud, supérieure à ce que l'on possédait jusque-là.

1725. Harris, J. engraved by *Senex, J.* Stellarum fixarum hemisphaerium boreale et australe; 2 feuilles, [London]. — Les étoiles sont prises de *Flamsteed* pour le ciel européen et de *Halley* pour le ciel austral. Ces cartes représentent la sphère par sa convexité.

1733. SEMLER, C. Coelum stellatum in quo asterismi albicantibus in plano nigro stellis exhibentur; 35 feuilles 8°, Halae. — C'est le premier atlas céleste dans lequel les étoiles sont en blanc sur un fond noir.

1763. VAUGONDY, R. DE. Uranographie ou description du ciel en deux hémisphères ; 2 feuilles, Paris; 2e édit., 1779. *C. B. Funk* a donné à Leipzig, en 1777, une édition allemande de ces 2 feuilles, sous le titre : Die Planisphären des R. de Vaugondy. — Le ciel austral est représenté sur ces cartes, d'après le catalogue de *La Caille.*

1778. GY. C. DE. Planisphères célestes, boréal et austral; 2 feuilles, Paris. — Cet auteur a repris l'idée de figurer le ciel étoilé par la convexité de la sphère.

1824. GREEN, J. Astronomical recreations or sketches of the relative positions and mythological history of the constellations; 19 feuilles, Philadelphia.

1830. [LUBBOCK, J. W.] The stars in six maps, laid down according to the gnomonic projection; fol., London. Réimprimé, 1832 et 1836 (avec le nom de l'auteur). Nouvelle édit. par *C. O. Dayman,* 4°, London, 1860; autre édit., sans date [1879?], par *F. Howard.* — Ces deux dernières éditions portent toutes les étoiles multiples et les nébuleuses mentionnées dans le Cycle of celestial objects de *W. H. Smyth.*

1843. SCHWINK, G. Mappa coelestis; 5 feuilles, Lipsiae. — Les étoiles jusqu'à la 7e magnitude, du parallèle de — 30° au pôle nord.

1870. PROCTOR, R. A. A star atlas for the library, the school and the observatory, showing all the stars visible to the naked eye and 1500 objects of interest; fol., London, 4e édit., 1875. — Douze cartes circulaires, photolithographiées par *A. A. Brothers;* deux planches d'assemblage, et un texte explicatif, 8°.

1872. BRUHNS, K. Atlas der Astronomie ; 12 feuilles, Leipzig. Il y a une édition hollandaise par *F. Kaiser,* Leiden, 1873; et une édition russe par *E. A. Sissoïew,* Skt. Peterburg, 1875.

§ 320. CARTES DÉTAILLÉES.

On pourra consulter une notice sur les plus anciennes cartes célestes par

2946. Kästner, A. G. Sterncharten. Dans sa Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. IV, 1800, p 91.

Il y a une liste des cartes les plus importantes par

2947. Chambers, G. F. Atlasses and charts. Dans son ouvrage : A handbook of descriptive and practical astronomy, 8°, Oxford, 1861, p. 858 ; 3e édit., 8°, Oxford, 1877, p. 863.

Mais on trouvera des détails plus complets dans l'ouvrage malheureusement peu répandu de

2948. Woollgar, J. W. Descriptive list of ancient and modern celestial maps from careful examination; 8°, Lewes, 1848.

Les principales cartes célestes détaillées sont énumérées dans la liste suivante:

1537. Durer, A. Imagines sphaerae barbaricae; 48 feuil., Coloniae. Ces feuilles ont été annexées au catalogue de *Ptolémée* réduit par *Georgius Trapezuntius;* mais elles manquent à presque tous les exemplaires. Aussi sont-elles devenues excessivement rares; on ne les possède ni à Poulkova, ni à Greenwich, ni à l'Observatoire de Paris.

1561. Piccolomini, A. De la sfera del mondo; 4°, Venetia. Réimprimé en 1579; une édition latine, Basileae, 1568. Les deux éditions italiennes ont les constellations en 48 planches; on y a omis le trait des figures. Les principales étoiles sont désignées par des lettres latines.

1600. Geyn, J. de. Arataea sive signa coelestia; 44 feuil., Amstelodami; 2e tirage, 1621. — Ces figures ont été faites pour accompagner le Syntagma arateorum publié par *Grotius* (voir § 54, n° 399).

1603. Bayer, J. Uranometria sive omnium asterismorum schemata, 51 feuil., Augustae Vindelicorum. Autres éditions : Ulmae, 1639, 1648, 1661. — L'explication est au dos de chaque planche. Cet atlas fut le premier qui comprit le ciel antarctique. Il a servi à fonder la nomenclature des étoiles par les lettres grecques.

1624. Bartsch[ius], J. Planispherium stellatum seu vice globus coelestis in plano delineatus; 9 feuil., Argentorati; 2e édit., Norimbergae, 1662.

1627. Schiller, J. Coelum stellatum christianum; 55 feuil., Augustae Vindelicorum. — L'auteur fait une tentative de substituer aux anciennes figures celles des anges, des saints et des martyrs de la religion chrétienne.

1628. Habrecht, J. Planiglobium coeleste et terrestre; 20 feuil., Argentorati. Réimprimé, Norimbergae, 1662. Édition allemande par *J. C. Sturm,* en 12 feuil., Nürnberg, 1666.

1690. Hevelius, J. Firmamentum sobiescianum sive uranographia; 54 feuil., Gedani. — Cet atlas contient le ciel entier; les figures symboliques sont trop fortement tracées, et empêchent de saisir les configurations des étoiles.

1690. Senex, J. Zodiacus stellatus fixas omnes hactenus cognitas ad quas Lunae appulsus telescopio observari poterunt complexus; 2 feuilles, Londini. — Il y a une notice sur cette carte zodiacale dans **Unt, III, 1849, 412.**

1729. Flamsteed, J. Atlas coelestis; 28 feuilles de 0ᵐ,62 de long sur 0ᵐ,50 de haut, Londini. Réédité à Londres en 1753, puis en 1781 et enfin en 1792 en 27 feuilles. L'édition de 1781 a été reproduite en Allemagne avec le titre : *Bode,* Vorstellung der Gestirne, 24 feuilles, Berlin & Stralsund, 1782; réimprimé, 1805. — Il y a eu plusieurs reproductions à une échelle réduite, savoir : Par *J. Fortin,* sous le titre d'Atlas céleste, revu par *P. C. Le Monnier,* et augmenté pour le ciel austral par *Pasumot* et par *La Caille;* 30 feuilles de moindre dimension, Paris, 1776. Par le même, revu par *J. J. de Lalande & Méchain;* 4°, Paris, 1795. Les étoiles zodiacales, jusqu'à 10° de part et d'autre de l'écliptique, gravées par *d'Heulland* sur 31 petites planches qui s'assemblent en une grande feuille, ont été publiées séparément par *P. C. Le Monnier,* Paris, 1755.

1742. Doppelmaier, J. G. Atlas novus coelestis; 20 feuilles, Norimbergae. — L'exécution laisse beaucoup à désirer. Les étoiles ne sont pas accompagnées des lettres qui servent à les désigner.

1748. Bevis, J. Uranometria; 50 feuilles, Londini. — Ce bel atlas céleste n'a pas été mis en circulation. L'édition a disparu; les exemplaires qui restent sont d'une grande rareté. *Messier* en possédait un **(Lalande, Ast$_3$, I, 1792, 242).**

1799. Goldbach, C. F. Neuester Himmels-Atlas; revidirt und mit einer Einleitung begleitet *von Zach;* 27 feuilles, Weimar; 2ᵉ édit., 1803. — Étoiles en blanc sur fond noir. Cet atlas est construit d'après l'édition réduite de *Flamsteed* par *Fortin,* de 1776.

1801. Bode, J. E. Uranographia sive astrorum descriptio; 20 feuilles de 0ᵐ,76 sur 0ᵐ,54, Berolini. — Cet atlas, magnifiquement gravé en taille-douce, a commencé à paraître en 1797, par livraisons de 4 feuilles. Il y a des exemplaires avec titre allemand : Allgemeine Beschreibung der Gestirne.

1822. Harding, C. L. Atlas novus coelestis; 27 feuilles, Gotingae. Réimprimé par les soins de *G. A. Jahn,* tant avec le titre latin qu'avec un titre allemand : Neuer Himmelsatlas, Halle, 1856. — Le dessin des figures mythologiques est supprimé, ce qui rend les cartes beaucoup plus claires. L'auteur a vérifié par lui-même une grande partie des 40 000 étoiles qui figurent dans cet atlas, entre le parallèle de — 30° et le pôle nord.

1822. Jamieson, A. A celestial atlas .... illustrated by scientific descriptions; 30 feuilles, London.

1829. Krissing, K. Sozviezdia; 29 feuilles, Skt. Peterbourg. — C'est le plus grand atlas imprimé sur fond noir. Il se borne au ciel européen.

1852. Bishop, G. Ecliptic charts observed and laid down by *J. R. Hind;* 24 feuilles, London, 1848-1852. — Accompagnées de Remarks and notes, 4°. Ces cartes portent les étoiles des dix premières magnitudes, jusqu'à 3° de part et d'autre de l'écliptique.

1858. Akademie der Wissenschaften in Berlin. Theil des Himmels zwischen 15° südlicher bis 15° nördlicher Abweichung; 24 feuilles de 0^m,39 sur 0^m,22, avec catalogue, fol., Berlin. — Les vingt-quatre heures d'ascension droite ont été exécutées par des astronomes différents, savoir: O. *Luther,* 1858; I *Olufsen,* 1849; II *Morstadt,* 1835; III *d'Arrest,* 1854; IV *Knorre,* 1835; V *Argelander,* 1856; VI *Bremicker,* 1855; VII *Fellöcker,* 1848; VIII *Wolfers,* 1835; IX *Bremicker,* 1858; X *Göbel,* 1830; XI *von Boguslawski,* 1852; XII *von Steinheil,* 1834; XIII *Bremicker,* 1843; XIV *Hussey,* 1831; XV *Harding,* 1830; XVI *Wolfers,* 1843; XVII *Bremicker,* 1840; XVIII *Inghirami & Capocci,* 1831; XIX *Wolfers,* 1840; XX *Hencke,* 1852; XXI *Bremicker,* 1845; XXII *Argelander,* 1832; XXIII *Harding,* 1834.

1863. Argelander, F., avec la collaboration de *E. Schönfeld* et *A. Krueger.* Atlas des nördlichen gestirnten Himmels nach der auf der Universitäts-Sternwarte zu Bonn durchgeführten Durchmusterung; 37 feuilles, Bonn.

1865. Dien, C. Atlas céleste contenant plus de cent mille étoiles et nébuleuses; 26 feuilles, Paris. 3e édition, revue par *C. Flammarion,* avec 5 feuilles additionnelles; Paris, 1877.

. . . . Chacornac, J. Cartes écliptiques formant l'Atlas de l'Observatoire de Paris, 1856 et suiv. — Cette grande entreprise est continuée, depuis la mort de *Chacornac,* par *Paul Henry* et *Prosper Henry.* On porte sur ces cartes toutes les étoiles jusqu'à la magnitude 12.13. Chaque degré est représenté par 60 millimètres; chaque carte contient 5° en longitude sur 5° en latitude. La publication est arrivée à plus de moitié (42 feuilles) et contient jusqu'ici environ soixante-dix mille étoiles. Il y aura 72 feuilles.

§ 521. URANOMÉTRIES.

On donne plus particulièrement ce nom aux descriptions du ciel visible à l'œil nu. On peut ranger dans cette catégorie les ouvrages ci-dessous.

1811. Wollaston, F. H. A portraicture of the heavens as they appear to the naked eye; 10 feuilles, London.

1843. Argelander, F. Uranometria nova, stellae per mediam Europam solis oculis conspicuae; Neue Uranometrie, Darstellung der im mittlern Europa mit blossen Augen sichtbaren Sterne; 17 feuilles et texte, 8°, Berlin. — Les étoiles visibles à l'œil nu depuis le pôle nord jusqu'à — 26°.

1858. HERSCHEL, J. F. W. [Cartes des étoiles principales des deux hémisphères, où les magnitudes sont portées d'après ses observations au Cap et en Europe]; volume MS déposé aux archives de la Société Astronomique de Londres. — Voyez **London, MNt, XXVIII, 1858, 92.**

1872. HEIS, E. Atlas coelestis novus, Neuer Himmels-Atlas, 12 feuilles, Köln, avec texte 8°. — Le ciel visible à l'œil nu dans l'Europe moyenne.

1874. BEHRMANN, C. Atlas des südlichen gestirnten Himmels; 7 feuilles, Leipzig, avec texte 8°. — Étoiles visibles à l'œil nu entre le pôle sud et le parallèle de — 20°.

1878. HOUZEAU, J. C. Uranométrie générale; 5 feuilles, Bruxelles, avec texte 4°. Dans les Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. I, n° 1. — Le ciel entier visible à l'œil nu, d'après les observations de l'auteur.

1879. GOULD, B. A. Uranometria argentina; 14 feuilles, [Buenos Aires]. — Avec texte 4°, en espagnol et en anglais. Formant le vol. I des Resultados del Observatorio nacional argentino en Córdoba. Cette description a été faite en s'aidant du télescope, et c'est seulement dans les moments les plus favorables que l'on distingue, à la vue simple, les étoiles qui s'y trouvent marquées sous la 7e magnitude. L'exécution matérielle de ce travail est très-belle. Voyez quelques corrections indiquées par *Gould,* dans **ANn, C, 1881, 7.**

§ 322. STATISTIQUE DU CIEL ÉTOILÉ.

Il y a des places du ciel pauvres en étoiles. *J. J. de Lalande* en a formé un catalogue, qui se trouve dans **CdT, au XV [1807], 377.** *Webb* donne une liste semblable dans ses Celestial objects for common telescopes, 12°, London; 4e édit., 1881, p. 430. On en trouve une pour le ciel austral, dans les Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, de *J₁. Herschel,* 4°, London, 1847; p. 381.

Au rapport de *Képler* (Dissertatio cum nuncio sidereo, 1610; édit. 8°, Francofurti, 1611, p. 9. — Reproduit : *Keplerus,* Opa, II, 1859, 500), les Hébreux étaient d'opinion qu'il y avait, dans le ciel entier, au delà de 12 000 étoiles. *Pline* en mettait seulement 1600 dans le ciel d'Europe (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 41). On sait aujourd'hui, par les uranométries, que le nombre total des étoiles visibles à l'œil nu, sur la sphère entière, est d'environ six mille. Ce nombre varie d'ailleurs un peu, suivant la pureté de l'atmosphère et suivant la vue de l'observateur.

La distribution des étoiles dans les différentes régions de la sphère a été examinée au moyen de « jauges, » par *W. Herschel* (London, PTr, 1784, 446; 1785, 221) pour le ciel européen, et par *J₁. Herschel* (Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. 373) pour le ciel austral.

On verra, en outre, sur ce sujet :

2949. **Proctor, R. A.** The laws according to which the stars visible to the naked eye are distributed over the heavens. **London, MNt, XXXI, 1871, 29.**

2950. **Gould, B. A.** On the number and distribution of the bright fixed stars. **AJS_3, VIII, 1874, 325.**

Traduction.

Disertacion sobre el número y distribucion de las estrellas fijas brillantes (par l'auteur); 8°, Buenos Aires, 1875.

2951. **Celoria, G.** Sopra alcuni scandagli del cielo e sulla distribuzione delle stelle nello spazio. **Milano, Pub, XIII, 1878, 1.** Aussi : **Milano, Mem_3, V, 1879, 43.**

2952. **Houzeau, J. C.** Statistique des étoiles visibles à l'œil nu. Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles; vol. I, 1878, n° 1, p. 26.

Le nombre des étoiles des différentes magnitudes n'a pu être étudié qu'après la confection des grands catalogues. Ces sources ont été mises à contribution par *F. Struve,* dont on verra les recherches et les discussions, d'abord dans ses Stellarum compositarum mensurae micrometricae, fol., Petropoli, 1837, p. xciij; puis dans ses Études d'astronomie stellaire, 8°, St. Pétersbourg, 1847, p. 66.

Le dénombrement des étoiles de la Durchmusterung de Bonn, magnitude par magnitude, a été fait par

2953. **Littrow, K. L. von.** Zur Zählung der nördlichen Sterne im Bonner Sternverzeichnisse nach Grössen. **Wien, Stz, LIX, 1869, 569; LXI, 1870; 263.** — Comparez : **ANn, LXII, 1864, 337; LXXIII, 1869, 201.**

Il résulte de ces recherches qu'en comprenant dans chaque magnitude toutes les

étoiles marquées dans cette magnitude et au-dessous, jusqu'à la grandeur qui suit immédiatement, on a, dans les limites de la Durchmusterung :

Magnitude.	Nombre d'étoiles.
1	10
2	37
3	130
4	312
5	1 001
6	4 386
7	13 823
8	58 095
9	237 131
TOTAL	314 925

La 9e magnitude n'est pas complète, la Durchmusterung n'ayant pas été poursuivie jusqu'à la 10e magnitude, mais seulement jusqu'à 9,5.

En moyenne, le nombre des étoiles contenues dans une magnitude donnée, est 0,285 du nombre de celles qui appartiennent à la magnitude immédiatement inférieure.

CHAPITRE XXV.

CARACTÈRES DES ÉTOILES.

§ 323. VISIBILITÉ.

Aristote savait que les étoiles sont présentes au ciel pendant le jour (*Aristoteles,* Problemata [G], lib. XXXI, quaest. 29). Cette déduction était-elle purement théorique? Ou bien cette opinion s'appuyait-elle de quelques observations, dans lesquelles on aurait aperçu des étoiles, lorsqu'il faisait jour, du fond des puits ou par les ouvertures des grottes?

On rapportait, en effet, dans l'antiquité, que les étoiles sont visibles en plein jour, lorsqu'on se place dans un puits profond (*Aristotes,* De generatione animalium [G], lib. V, cap. 1). Cette croyance s'est longtemps perpétuée; et l'on citait, pour l'appuyer, différents exemples. On prétendait qu'à Coïmbre, il y avait une cave très-obscure, d'où l'on distinguait les étoiles pendant le jour (*Scheiner,* Rosa ursina, fol., Bracciani, 1630; p. 47). Un constructeur d'instruments de mathématiques, qu'on croit être *E. Troughton,* racontait qu'étant enfant il avait aperçu, plusieurs jours de suite, une belle étoile, en plein jour, par le tuyau d'une cheminée (*Herschel, J.*$_1$, Outlines of Astronomy, 8°, London, 1833; § 61). Suivant *Ebel* (Anleitung auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen, 1793; 3e édit., 4 vol. 8°, Zürich, 1810; vol. II, p. 260), du fond du puits de Bouillet, dans les salines de Bex, en Suisse, à 220m de profondeur, on pouvait voir les étoiles à midi. A l'abbaye de Kremsmünster, en Autriche, il y a un puits de 59m, qui avait été creusé exprès, disait-on, pour faire l'observation, pendant le jour, des étoiles voisines du zénit. *Reslhuber* a montré cependant que l'orifice de ce puits est trop étroit pour permettre à l'observateur, placé au fond, d'apercevoir aucune des belles étoiles qui culminent le plus près du zénit du lieu (Sir, I, 1868, 64). Nulle part une observation régulière et bien établie n'a confirmé l'opinion vulgaire, et jamais jusqu'ici, dans ceux de nos puits de mine qui débouchent en plein air, on n'a remarqué, pendant le jour, l'apparition des étoiles.

Il en est à peu près de même de l'opinion d'après laquelle les astres les plus brillants seraient visibles de jour, du sommet des grandes montagnes. Les guides de *B. de Saussure* l'assuraient, en 1787, que du haut du Mont Blanc ils voyaient parfois quelques étoiles pendant le jour (*Saussure, B. de,* Voyages dans les Alpes,

4 vol. 4°, Neufchâtel; vol. IV, 1796, p. 197). Cependant lui-même n'en a pas aperçu. Ni *A. de Humboldt* et *Boussingault* dans les Andes, ni *H. Schlagintweit* dans l'Himalaya, n'ont réussi à faire pareille observation (**Humboldt, Kos, III, 1851, 72** (**Cos, III, 1852, 64**)).

Il est probable qu'il faut également ranger dans la catégorie des illusions, la visibilité de quelques étoiles en plein jour, sous les tropiques. Certains voyageurs ont avancé que, dans ces régions, Sirius et Canopus peuvent être quelquefois reconnus, malgré la présence du Soleil (*Prévost d'Exiles,* Histoire générale des voyages, 80 vol. 12°, Paris; vol. XLVI, p. 112). Il est vrai que *La Nux* disait à *Lalande* qu'à l'île Bourbon il voyait souvent Sirius, à l'œil nu, pendant la journée (**Lalande, Ast_3, II, 1792, 556**). Mais ces observations ne se sont pas confirmées.

Il faut reconnaître toutefois que la qualité de la vue de l'observateur peut avoir une grande influence. Elle a surtout une part notable dans la définition. C'est grâce à la limitation géométrique des images sur la rétine que *Maestlin* distinguait, à la vue simple, jusqu'à 14 étoiles dans les Pléïades (*Keplerus,* Dissertatio cum nuncio sidereo, 1610; édit. 8°, Francofurti, 1611; p. 9. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 500**). Sur le nombre d'étoiles que l'œil distingue, sans instrument, dans ce groupe d'étoiles, il existe une note de *Airy,* dans **London, MNt, XXIII, 1863, 175.**

Au reste, les questions auxquelles nous venons de toucher ont été discutées dans les articles dont voici l'indication :

2954. **Wolf, R.** Ueber das Sehen der Sterne bei Tage aus tiefen Schachten. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 8°, Bern; année 1851, p. 159.

2955. **Arago, F.** De la visibilité des astres. **Arago, Ape, I, 1854, 185.**

2956. **Wolf, R.** Ueber die Sichtbarkeit der Sterne aus tiefen Brunnen. **Zürich, Vjh, XX, 1875, 179.**

L'apparition des étoiles, le soir, dans le crépuscule, suivant leurs différentes magnitudes, a été considérée précédemment, § 129, p. 315 et 316.

Si la visibilité des étoiles pendant le jour, à la vue simple, est au moins très-douteuse, leur persistance dans le télescope a frappé de bonne heure les astronomes. Les traces de cette observation remontent jusqu'à 1611. Le 1er mars de cette année, *J. Gautier,* d'Aix en Provence, suivait encore Mercure, à l'aide de sa lunette, après le lever du Soleil (**Cas, III, 1819, 336**).

Van den Hove [*Hortensius*], de Delft, suivait les étoiles et les planètes dans le crépuscule du matin. Il continuait, dit-il, à voir Vénus après le lever du Soleil

(*Hortensius,* Dissertatio de Mercurio in Sole viso et Venere invisa, 4°, Lugduni Batavorum, 1633; p. 37). Il cite, entre autres, une observation de cette espèce, du 18 août 1625.

Le 2 mars 1632, l'air étant légèrement nébuleux, *Curtius* rapporte (*Barrettus,* Historia coelestis, 2 vol. fol., Augustae Vindelicorum, 1666; vol. II, p. 956, nota) qu'il a vu α Scorpii, en plein jour, dans le télescope. En 1632, *Galilée* suivait de son côté Sirius, pendant la journée (*Galilei,* Dialogo ... sopra i due sistemi massimi del mondo, 4°, Fiorenza, 1632; part. I. — Reproduit : **Galilei, Ope, éd. Milano, XI, 1811, 206; éd Firenze, I, 1842, 87.**) Mais ce fut seulement quelques années plus tard que le récit enthousiaste de *Morin,* qui avait commencé en mars 1635 à suivre les étoiles après le Soleil levé (*Morinus,* Longitudinum terrestrium et coelestium scientia, 4°, Parisiis, 1639; p. 210), appela l'attention générale sur les observations de jour.

Celles-ci demeurèrent pourtant, pendant un certain nombre d'années, une simple curiosité. On n'en profita pour les mesures astronomiques que dans le dernier tiers du XVII[e] siècle. *Picard* donna l'exemple, en 1669, en observant des étoiles au quart de cercle, après le lever du Soleil (**Paris, His, I, 1733, 110**). Il résulte d'un document resté longtemps inédit, qu'en 1670, il observait Vénus, avec le même instrument, peu de temps avant midi (**Paris, H & M, 1787, 398**).

Sur la visibilité des étoiles, pendant le jour, dans les lunettes, on peut voir

2957. **Vidal, J.** Rapport des ouvertures de l'œil et des lunettes et visibilité des étoiles de nuit et de jour. **CdT, an XV [1807], 383.**

D'après cet astronome, le Soleil étant de 30° à 70° de hauteur, il faut, pour voir les étoiles des quatre premières magnitudes, une lunette dont l'ouverture soit au moins de

11	millimètres	pour la	1[re]	magnitude,
23	»	»	2[e]	»
45	»	»	3[e]	»
90	»	»	4[e]	»

La nuit il faut à une lunette une ouverture un peu plus que double de celle de la pupille, pour voir dans l'instrument les mêmes étoiles qu'on aperçoit à l'œil nu.

Un fait curieux de la visibilité des étoiles dans le télescope, pendant le jour, c'est la possibilité d'apercevoir les faibles compagnons des étoiles doubles. *F. Struve* et *Wrangel* ont remarqué, les premiers, que si l'on a la polaire dans le champ, pendant le jour, on parvient souvent à distinguer son compagnon, qui est de 9[e] magnitude, bien que l'instrument dont on se sert permette de voir tout au plus des sextaires ou des septaires isolées (Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher,* 8°, Stuttgart;

année 1839, p. 100). *Encke* et *Argelander* ont fait des observations semblables (**Humboldt, Cos, III, 1852, 77**; ajouté dans l'édition française, mais non dans le texte allemand). La nuit, l'éclat des étoiles brillantes fait disparaître les petites qui sont voisines. Voyez sur ce sujet :

2958. **Tempel, E. W. L.** Osservazioni sulla visibilità delle piccole stelle in vicinanza delle grande. **Milano, Pub, V, 1874, 16.**

§ 324. MAGNITUDES ET PHOTOMÉTRIE.

L'expression de « grandeur, » pour désigner l'éclat des étoiles, sans considération de leurs dimensions soit angulaires soit absolues, est de nature à faire naître, dans plusieurs circonstances, une véritable confusion. Afin d'éviter cet inconvénient, j'ai cru pouvoir introduire le terme « magnitude, » déjà usité dans d'autres langues, pour exprimer l'éclat des étoiles, communément désigné par « grandeur. »

Ptolémée divise en six classes, d'après l'éclat, les étoiles visibles à la vue simple (**Ptolemaeus, MCo, lib. VII, cap. 4**). Il ne procédait encore que par magnitudes entières. Au Xe siècle, *Al Sûfi*, en donnant une nouvelle édition du catalogue de *Ptolémée*, revit toutes les estimations d'éclat, et subdivisa pour la première fois chaque magnitude, selon que l'étoile considérée lui paraissait un peu au-dessus ou un peu au-dessous du degré entier (*Al Sûfi*, Description des étoiles fixes, traduite par *Schjellerup*; 4°, St. Pétersbourg, 1874).

Dès la première application du télescope à l'observation du ciel étoilé, *Galilée* poursuivit le classement des étoiles d'après leur éclat, et compta immédiatement six magnitudes télescopiques (*Galileus,* Sydereus nuncius, 1610; dans **Galilei, Ope, éd. Milano, IV, 1810, 330; éd. Firenze, III, 1843, 75**). Les astronomes modernes reculent l'énumération des magnitudes, à mesure du perfectionnement des lunettes.

La division des étoiles en magnitudes s'est établie par l'usage. *W. Herschel* avait proposé (**London, PTr, 1817, 302**) de la déterminer conformément à un principe fixe, en posant que l'éclat serait en raison inverse du chiffre de la magnitude. *John$_1$ Herschel*, tout en poursuivant le même but, voulut se rapprocher davantage des divisions consacrées, en proposant de faire décroître les éclats réciproquement aux puissances de 2 (**London, MAS, III, 1829, 182**).

Les différents observateurs ne suivent pas tout à fait la même notation. Le rapport effectif entre l'éclat des étoiles d'une certaine magnitude et celui de la magnitude immédiatement précédente, a été trouvé comme suit :

1836. Von Steinheil, à l'aide du photomètre à prisme, par 30 étoiles des magnitudes 1 à 5. (**München**, **Abh**$_2$, **II**, **27**.) 0,353

1837. F. Struve, entre les magnitudes 1 et 12, par les ouvertures exigées. (Stellarum compositarum mensurae micrometricae, fol., Petropoli; p. lxix.) 0,346

1847. J$_1$. Herschel, par des comparaisons à Sirius. (Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London ; p. 369.) 0,407

Comparez *Zöllner*, Photometrische Untersuchungen, 8°, Leipzig, 1865, p. 171, et *M. J. Johnson*, dans **London**, **MNt**, **XIII**, **1853**, **281**.

1851. M. J. Johnson, par 78 étoiles de la 4e à la 10e magnitude, d'après l'éclairement qu'elles supportent dans le champ. (**Oxford**, **Res**, **XII**, **app**, **9**, **25**. — Comparez : **London**, **MNt**, **XIII**, **1853**, **281**.). 0,424

Selon les données de W. Herschel 0,464

Selon celles de Groombridge. 0,388

Selon celles de F. Struve, grandeurs 1 à 12 0,383

Selon celles de O. Struve. 0,406

Selon celles d'Argelander. 0,431

1851. Stampfer, en appliquant le photomètre à 132 étoiles des magnitudes 4,0 à 9,5. (**Wien**, **Stz**, **VII**, **761**.) 0,401

1854. Pogson, en comparant les étoiles à une flamme de paraffine. (**Oxford**, **Res**, **XV**, **296**. — Comparez : **London**, **MNt**, **XXXIV**, **1874**, **115**.). 0,398

1857. Carrington. (A catalogue of circumpolar stars observed at Red Hill, 4°, London; introd., p. xxvj.) 0,364

1865. Zöllner, avec son photomètre à polarisation, par 293 étoiles des magnitudes 1 à 6. (Photometrische Untersuchungen, 8°, München.). 0,363

1870. Seidel & Leonhard, avec le photomètre objectif de Steinheil, par 208 étoiles de la 2e à la 4e magnitude. (**München**, **Abh**$_2$, **X**, **201**.). 0,454

Pour les 6 premières magnitudes 0,350

1870. Rosén, par 110 étoiles des magnitudes 5,0 à 9,5, à l'aide du photomètre de Zöllner. (**St. Pétersbourg**, **Bul**$_3$, **XIV**, **95**.). 0,398

1878. C. S. Peirce. (**Cambridge**, **Ann**, **IX**, **16**.) 0,326

L'influence de la couleur des étoiles sur l'estimation des magnitudes a été considérée par *Pogson* (**ANn**, **XLVIII**, **1858**, **65**).

On sait que les plus belles étoiles, surtout Sirius, sont assez brillantes pour porter une ombre sensible, dans les nuits sereines. *Képler* dit que d'autres primaires, notamment α Virginis, donnent une ombre appréciable (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; p. 263. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 295**).

On a tenté, à différentes reprises, de déterminer le rapport entre l'éclat des plus belles étoiles et celui du Soleil. *Huygens* a fait, à cet égard, le premier essai. Il réduisait le Soleil à l'éclat de Sirius, en faisant passer sa lumière par un trou suffisamment petit. Il estime ainsi (*Hugenius,* Cosmotheoros, 4°, Hagae Comitis, 1698. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, t. II, p. 718) :

$$\text{Sirius} = \frac{1}{756\,000\,000} \times \text{Soleil.}$$

Une tentative analogue fut faite par *Michell,* en 1767 (**London, PTr, 1767, 234**); ses expériences fournissent

$$\text{Sirius} = \frac{1}{9\,216\,000\,000} \times \text{Soleil.}$$

Des comparaisons d'un autre genre furent exécutées par *W. H. Wollaston,* en prenant pour intermédiaire la flamme d'une bougie, réfléchie sur une sphère de verre. Ce physicien a trouvé ainsi, par 7 observations (**London, PTr, 1829, 28**),

$$\text{Sirius} = \frac{1}{20\,000\,000\,000} \times \text{Soleil.}$$

En 1836, *von Steinheil,* en passant par l'intermédiaire du clair de Lune, donna (**München, Abh$_2$, II, 1836, 24**)

$$\text{Sirius} = \frac{1}{3\,840\,000\,000} \times \text{Soleil,}$$

$$\text{Arcturus} = \frac{1}{6\,008\,000\,000} \times \text{Soleil.}$$

G. P. Bond a trouvé, en 1861 (**Boston, Mem$_2$, VIII, 1863, 286**)

$$\alpha\ \text{Centauri} = \frac{1}{19\,490\,000\,000} \times \text{Soleil;}$$

et en combinant ses mesures de l'éclat relatif du Soleil et de la Lune avec celles de *J_1. Herschel* et de *Seidel* sur l'éclat relatif de la Lune et de Sirius (l. c., p. 298),

$$\text{Sirius} = \frac{1}{5\,970\,500\,000} \times \text{Soleil.}$$

A. Clark a obtenu de son côté (**AJS₂, XXXVI, 1863, 76**),

$$\text{Sirius} = \frac{1}{3\ 600\ 000\ 000} \times \text{Soleil}.$$

En présence de la grande difficulté de déterminer l'éclat absolu des étoiles, on a eu recours à des classifications relatives. La première idée de cette méthode revient à *J. J. de Lalande,* qui, dans la 3ᵉ édition de son Astronomie, rangea les sept étoiles principales de la Grande Ourse, dans l'ordre de leurs intensités apparentes (**Lalande, Ast$_3$, I, 1792, 265**).

Entrant dans cet ordre d'idées, *W. Herschel* forma quatre catalogues, qu'il nomma Catalogues of the comparative brightness of stars, dans lesquels il classe les étoiles des différentes constellations du ciel européen, suivant leur éclat relatif (**London, PTr, 1796, 166, 452; 1797, 293; 1799, 121**). *J_1. Herschel* a étendu la même application au ciel austral (Results of astronomical observations made . . . at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. 367).

Mais peu à peu les photomètres s'étant perfectionnés, et leur emploi étant devenu pratique, on a formé de véritables catalogues photométriques d'un certain nombre d'étoiles.

Les premiers essais de ce genre, qui ne s'étendaient encore qu'à un petit nombre d'étoiles choisies sont ceux de

1802. A. de Humboldt, avec des diaphragmes, sur les principales étoiles du ciel austral, dans **CdT, an XII [1804], 414**. — Comparez **ANn, XVI, 1839, 225**.

1805. Vidal, en éteignant les étoiles par des ouvertures moindres que la pupille; dans **CdT, an XV [1807], 384**.

1808. Reissig, en diminuant l'ouverture de la lunette par des diaphragmes; dans **BaJ, 1811, 252**.

1817. W. Herschel, avec des diaphragmes appliqués à un réflecteur; dans **London, PTr, 1817, 302**.

1836. Von Steinheil, avec un photomètre à prisme; dans **München, Abh$_2$, II, 24**.

Les mesures se sont étendues ensuite à un plus grand nombre d'étoiles. Parmi ces véritables catalogues photométriques, il faut citer :

1861. Zöllner, Astrophotometrischer Katalog; dans ses Grundzüge einer allgemeinen Photometrie des Himmels, 4°, Berlin; p. 58.

1867. Seidel & Leonhard, Helligkeits-Messungen angestellt mit dem Steinheil'schen Photometer; dans **München, Abh$_2$, X, 1870, 201**.

1869. Rosén, Studien und Messungen an einem Zöllnerschen Astro-Photometer; dans Saint Pétersbourg, Bul_3, XIV, 1870, 95.

1870. Engelmann, Helligkeitsbestimmungen einiger Sterne des Südlichen Himmels; dans ANn, LXXVII, 1871, 49. — Comparez : Leipzig, Vjh, VII, 190.

1873. Lindemann, Observations au photomètre de Zöllner; dans Saint Pétersbourg, Bul_3, XVIII, 31.

1877. J. T. Wolff, Photometrische Beobachtungen an Fixsternen; 4°, Leipzig.

L'espèce de désordre et d'incertitude qui a régné longtemps dans l'appréciation des magnitudes, tend à disparaître devant la rigueur des mesures photométriques. Une tentative a été faite récemment, pour introduire une marche systématique dans les recherches relatives à cette branche de l'astronomie. On la trouve exposée dans

2959. Peters, C. H. F. Report of the committee on standards of stellar magnitude. Leipzig, Vjh, XVI, 1881, 352.

Ce rapport a été fait à l'Association américaine pour l'avancement des sciences. Il propose de former des groupes d'étude auprès des étoiles de la liste suivante prises pour types. En désignant par α et δ l'ascension droite et la déclinaison de chacune de ces étoiles, les groupes auraient pour limites

$$\alpha - 2^m \qquad \delta - 5'$$
$$\alpha + 5^m \qquad \delta + 5'$$

Voici les étoiles typiques proposées (l. c., p. 354) :

γ Pegasi.	α Canis minoris.	δ Ophiuchi.
θ Ceti.	ε Hydrae.	η Ophiuchi.
α Piscium.	α Leonis.	η Serpentis.
α Ceti.	θ Leonis.	δ Aquilae.
γ Eridani.	η Virginis.	θ Aquilae.
α Tauri.	α Virginis.	β Aquarii.
ε Orionis.	α Bootis.	α Aquarii.
γ Geminorum.	β Librae.	α Pegasi.

On verra aussi :

2960. Pickering, E. C. Stellar magnitudes, a request to astronomers. London, MNt XXXIX, 1879, 391. — En français : Bruxelles, Bul_2, XLVII, 1879, 486.

Cet astronome, sur les recherches photométriques duquel nous reviendrons dans le § suivant, recommande l'observation photométrique assidue des étoiles qui avoisinent le pôle nord.

§ 325. DIAMÈTRES ANGULAIRES.

La difficulté de déterminer les diamètres angulaires des étoiles, dépouillés de tout agrandissement factice, n'a pas encore été surmontée. Avant l'invention du télescope, *Albategnius* (De motu stellarum [A], cap. 50) attribuait à Sirius un diamètre de 45″. *Képler,* qui avait une fort mauvaise vue, donnait 240″ de diamètre à Sirius, 180″ aux étoiles de première magnitude, et 120″ aux secondaires du baudrier d'Orion (*Keplerus,* De stella nova, 4°, Pragae, 1606; cap. 16, 21. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 676, 689**). Mais après l'invention du télescope, il dit (**Keplerus, Epi, II, 1620, 498**. — Reproduit : **Keplerus, Opa, VI, 1866, 535**) que les étoiles sont « puncta mera, » et que leurs diamètres se réduisent d'autant plus que les lunettes sont meilleures.

Voici les tables qu'on trouve dans divers auteurs, appartenant à l'époque où l'on était réduit au simple emploi de la vue :

1543. Cardan. (*Cardanus,* Libelli duo, unus de supplemento almanach ..., 4°, Norimbergae; lib. i, cap. 11) :

1re magnitude	480″	4e magnitude	180″
2e »	360	5e »	120
3e »	240	6e »	60

1602. T. Brahé. (**Braheus, AiP, I, 481**. — Reproduit : **Brahe, Opa, I, 1648, 302**.)

1re magnitude	120″	4e magnitude	45″
2e »	90	5e »	30
3e »	65,5	6e »	20

1608. Magini. (*Maginus,* Novae coelestium orbium theoricae, 8°, Moguntiaci; lib. i, cap. 19.)

1re magnitude	600″	4e magnitude	180″
2e »	330	5e »	120
3e »	240	6e »	60

Galilée fit deux essais, dont l'un appartient à la période dont nous venons de parler, tandis que l'autre fut exécuté à l'aide du télescope. En 1610, il suspendit un mince cordeau, et s'en éloigna, en mesurant la distance, jusqu'à ce qu'il couvrît exactement α Lyrae. Le diamètre angulaire du cordeau était alors de 5″ (*Galilei,* Diologo sopra i due massimi sistemi del mondo, 4°, Fiorenza, 1632; part. iii. — Reproduit : **Galilei, Ope, I, 1842, 391**). Plus tard, lorsqu'il put se servir d'un télescope, *Galilée* compara le disque de Sirius au champ de son instrument, et trouva ainsi à l'étoile un diamètre de 5″,3 (**Galilei, Ope, V, 1846, 399**).

Voici les différentes estimations, qui ont été faites à l'aide du télescope :

1630. Van den Hove, avec une lunette non achromatique. (*Hortensius*, Langsbergii commentationes in motum terrae, ex belgico in latinum versae; 4°, Middelburgi.)

Sirius	10″	4e magnitude	4″
Autres primaires	6	5e »	3
2e magnitude	6	6e »	2
3e »	5		

1631. Lansberg[ius]. (Uranometria, 4°, Middelburgi; lib. iii, elem. 20-31.)

1re magnitude	60″	4e magnitude	20″
2e »	40	5e »	10
3e »	30	6e »	5

1651. Riccioli. (**Ricciolus, Alm, I, 424, 716.**)

Sirius	18″	4e magnitude	6″,2
1re magnitude	16,7 à 13″,7	5e »	5,3
2e »	12,5 à 7,9	6e »	4,4
3e »	7,0		

1662. Hevelius, en réduisant l'ouverture de la lunette par des diaphragmes. (Mercurius in Sole visus, fol., Gedani; p. 92. — Comparez : **Paris, ABL, 1842, 367.**)

Sirius	6″,37	3e magnitude	3″,8
α Aurigae	6,00	4e »	3,2
α Leonis	5,10	5e »	2,5
α Canis minoris	4,97	6e »	2,0
2e magnitude	4,5		

1717. J. Cassini, par comparaison au disque de Jupiter. (**Paris, H & M, 1717, 258.**)

Sirius . . . . 5″.

1767. Michell, par la réduction du Soleil à l'aspect de l'étoile. (**London, PTr, 1767, 234.**)

Sirius . . . . 0″,02.

1782. W. Herschel, avec le micromètre à lampe. (**London, PTr, 1782, 148, 153, 157.**)

α Lyrae . . . 0″,36 α Tauri . . . 1″,5 α Aurigae . . . 2″,5

1803. W. Herschel, avec le même micromètre. (**London, PTr, 1803, 225.**)

α Bootis . . . . 0",1 au plus.

1831. F. Struve, par estime. (**London, MAS, IV, 635**).

α Tauri. . . . . 3" ou 4".

1847. F. Struve, au micromètre filaire (cité par *Grant,* History of physical astronomy, 8°, London, 1852; ch. xxi, p. 546).

α Lyrae. . . . . 0",261.

1852. Stampfer, en assimilant aux étoiles l'image du Soleil réfléchie sur un globule de mercure, et vue par un télescope à ouverture réglée. (**Wien, Stz, VIII, 504.**)

Primaires. . . . . . . 0",004 91.

Comme nous l'avons vu plus haut (p. 860), *Képler* avait déjà remarqué que les diamètres apparents des étoiles se réduisent d'autant plus que la lunette est plus parfaite. *Horrocks* avait énoncé la même opinion (*Horroxius,* Venus in Sole visa anno 1639, p. 139; annexé à l'ouvrage de *Hevelius,* Mercurius in Sole visus; fol., Gedani, 1662). Bientôt, *Kircher* appela l'attention sur les sources d'agrandissement factice des disques, et conclut que, de son temps, la mesure du diamètre des étoiles était illusoire (*Kircher,* Ars magna lucis et umbrae, fol., Romae, 1646; p. 119).

C'est ce qu'on aurait déjà pu conclure de la discordance des résultats obtenus. *Hooke* affirmait que les diamètres des étoiles sont au-dessous de 1" (*Hooke,* An attempt to prove the motion of the Earth, 4°, London, 1674; p. 26). *Halley,* ayant cherché à apprécier la durée de disparition, dans les immersions de deux primaires derrière la Lune, fut forcé de conclure que les diamètres de ces étoiles [α Tauri et α Virginis] ne s'élèvent pas à 1" (**London, PTr, 1718, 853; 1720, 3**). Avec une lunette de 5",3, *J. J. de Lalande* ne croyait pas qu'on put donner plus de 2" aux étoiles tertiaires (**Lalande, Ast_3, I, 1792, 269**).

Pour avoir le véritable diamètre angulaire, il aurait fallu calculer les agrandissements factices. C'est ce que *Schwerd* entreprit :

2961. **Schwerd, F. M.** Die Beugungserscheinungen aus der Undulationstheorie analytisch entwickelt; 4°, Mannheim, 1835.

Les mesures qu'il avait prises du diamètre apparent de α Aquilae, avec deux instruments d'ouverture différente, lui donnaient pour le véritable diamètre angulaire de cette étoile 0",104. Il partait de ce théorème que la largeur de l'auréole de fausse

lumière est sensiblement inverse à l'ouverture de la lunette. Ce fait a été confirmé depuis, dans une savante étude de

2962. **André, C.** Étude de la diffraction dans les instruments d'optique, son influence sur les observations astronomiques. **Paris, AEn$_2$, V, 1875, 275 ...**

En l'absence de mesures directes des diamètres des étoiles, *Pickering* a pris récemment pour base ses évaluations photométriques, et en supposant aux étoiles l'éclat spécifique du Soleil, il a formé le tableau suivant des diamètres (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI, 1881, p. 4) :

Magnitude.	Diamètre.	Magnitude.	Diamètre.
1	0″,009 64	8	0″,000 38
2	6 08	9	24
3	3 84	10	15
4	2 42	11	10
5	1 53	12	06
6	0 96	13	04
7	0 61	14	02
		15 ½	012

§ 326. ÉTOILES TEMPORAIRES ET VARIABLES.

Il y a des étoiles qui paraissent subitement; il y en a d'autres qui augmentent ou qui diminuent d'éclat; il y en a d'autres encore dont la lumière subit des vicissitudes périodiques. Ces phénomènes ont été longtemps considérés ensemble et dans une certaine confusion. Récemment, afin de mettre de l'ordre dans l'étude de ces variations, *Pickering* a proposé (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI, 1881, p. 257) la classification suivante :

I. *Étoiles temporaires*, qui apparaissent subitement et s'affaiblissent ensuite peu à peu. — Exemples : l'étoile nouvelle de *T. Brahé* de 1572; l'étoile apparue dans la Couronne boréale en 1866.

II. *Étoiles à longues périodes*, de six mois à deux ans, qui subissent un changement d'éclat souvent fort considérable, mais dont les maxima et les minima ne sont pas sans quelque irrégularité, tant pour les magnitudes que pour les époques. — Exemples : o Ceti; χ Cygni.

III. *Étoiles à fluctuations*, dont l'éclat varie, le plus souvent dans d'étroites limites, sans loi apparente ou connue. — Exemples : α Orionis; α Cassiopeae. Un grand nombre d'étoiles sont sujettes à ces variations flottantes.

IV. *Étoiles à courtes périodes,* qui passent en quelques jours par une série de changements. On y reconnaît deux causes superposées, l'une produisant un maximum et un minimum, et l'autre deux maxima et deux minima, dans le même temps. — Exemples : β Lyrae ; δ Cephei.

V. *Étoiles à éclipses passagères,* qui, après être restées fixes, subissent, à des intervalles d'une grande régularité, une extinction momentanée plus ou moins complète. — Exemples : β Persei (Algol) ; S Cancri.

Nous adopterons cette division, avec une simple modification relative à l'ordre dans lequel nous traiterons de ces différentes classes. Les étoiles temporaires et les étoiles à fluctuation seront considérées d'abord. Nous passerons ensuite aux étoiles à longue période, à courte période et à éclipses, qui ont entre elles une affinité manifeste.

Les étoiles temporaires sont celles qu'on appelait autrefois étoiles nouvelles. *E. Biot* a trouvé dans la collection de *Ma-tuan-lin,* qu'en — 133, les Chinois avaient signalé l'apparition d'une étoile nouvelle (*E. Biot,* dans Journal asiatique, 3e série, 8°, Paris; vol. IX, 1840). D'après les historiens de la Chine, un phénomène de ce genre serait même arrivé déjà en — 2 240 (*Gaubil,* dans *Souciet,* Observations mathématiques . . . tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1732).

Dans notre histoire classique, la plus ancienne mention d'une étoile nouvelle est celle de l'étoile de — 134, peut-être celle remarquée par les Chinois, qui donna occasion à *Hipparque* d'entreprendre son catalogue d'étoiles (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II, cap. 26).

Pour les apparitions depuis les temps anciens jusque dans le commencement du XVIIe siècle, toutes les sources ont été rassemblées par

2963. Licetus, F. De novis astris et cometis; 4°, Venetiis, 1623.

Ce grand travail de recherches est résumé dans

Ricciolus, Alm, II, 1651, 130.

On en trouve un exposé, avec des continuations, dans

Cassini, Elm, 1740, 58.

Lalande, Ast_2, I, 1771, 312. Aussi Ast_3, I, 1792, 259.

Berliner Akademie, Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 212.

Junge, C. A., Unt, IV, 1850, 321.

Humboldt, Kos, III, 1851, 215 (Cos, III, 1852, 166).

Chambers, G. F. A catalogue of new stars, dans London, MNt, XXVII, 1867, 243.

Secchi, A. Le stelle, 8°, Milano, 1878; p. 135.

Quelques-unes de ces étoiles ont une célébrité particulière dans l'histoire de la science. Ainsi celle de 1572 a eu *T. Brahé* pour historien (*T. Brahe,* De nova stella; 4°, Hafniae, 1573. — Incorporé dans ses **AiP, I, 1602**; reproduit dans ses **Opa, 1648, part. I**); et l'apparition de celle de 1604 a été décrite par *Képler* (De stella nova in pede Serpentarii; 4°, Pragae, 1606. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 611**).

On a reconnu de bonne heure qu'il y a des étoiles qui disparaissent. *Al Sûfi,* en faisant son catalogue, au X[e] siècle, ne put retrouver 7 des étoiles de *Ptolémée* (*Al Sûfi,* Description des étoiles fixes, traduction de Schjellerup; 4°, St. Pétersbourg, 1874). En 1437, *Ulugh-Beg,* en comparant ses observations aux catalogues de *Ptolémée* et d'*Al Sûfi,* signalait douze cas de disparition (*Hyde,* Tabulae longitudinum . . ., déjà citées, 4° Oxonii, 1665; praef.).

Mais ce fut par un travail de *Montanari* que l'on s'aperçut des nombreux changements qui s'opèrent dans l'éclat des étoiles, et de la disparition, réelle ou apparente, d'un grand nombre de ces astres, qui ne se trouvent plus aux places qu'on leur avait assignées. Voici le titre de son travail :

2964. **Montanari, G.** Sopra la sparizione d'alcune stelle et altre novita celesti. Prose de Signori Academici Gelati di Bologna, 4°, Bologna, 1672; p. 369.

Dans le nombre des étoiles disparues, cet astronome en cite deux de 2[e] magnitude, β et γ Navis, qui sont cependant encore bien visibles aujourd'hui.

Les listes des étoiles qui se sont renforcées ou affaiblies se trouvent souvent confondues avec celles des étoiles temporaires ou nouvelles. On fera donc bien de consulter ces dernières. Au sujet des fluctuations nous indiquerons particulièrement :

J. P. Maraldi, Sur divers changements survenus parmi les étoiles [1694]; dans **Paris, His, II, 1733, 222.**

Halley, Of the number, order and light of the fix'd stars; dans **London, PTr, 1720, 24.**

Cassini, Elm, 1740, 73.

Lalande, Ast$_2$, I, 1771, 317. Aussi : **Ast$_3$, I, 1792, 266.**

Berliner Akademie, Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 212.

W. Herschel, An account of several changes among the fixed stars since Flamsteed; dans **London, PTr, 1783, 250.**

Koch, dans *Lalande,* Éphémérides des mouvements célestes, vol. VIII, pour 1785 à 1794, 4°, Paris; 1784; p. xl. — Comparez : **BaJ, 1788, 182.**

W. Herschel, On the method of observing the changes that hpapen to the fixed stars; dans **London, PTr, 1796, 166.**

On sait aujourd'hui qu'il n'y a pas d'inspection un peu étendue du ciel qui ne fournisse des exemples d'étoiles disparues, affaiblies ou renforcées. Sur les 1500 à 2000 étoiles des zones de *Bessel* comprises dans chaque feuille des cartes de l'Académie de Berlin, 12 n'ont pas été retrouvées par *Harding* en préparant l'heure XV, 10 par *Inghirami* en préparant l'heure XVIII (**ANn, VII, 1829, 369**). Dans celles des zones de *Cooper* qui ont été faites en double, 77 étoiles n'ont pas été retrouvées (*Cooper,* Catalogue of stars near the ecliptic, 5 vol. 8°, Dublin; vol. V, 1856). Mais il faut remarquer que, dans certains cas au moins, l'absence des étoiles peut tenir à des erreurs dans la première observation et dans la transcription ou l'impression des chiffres.

Quant aux fluctuations de moindre étendue, elles ont d'abord été signalées par *J_1. Herschel* dans α Orionis (**London, MAS, XI, 1840, 269**), et presque en même temps dans α Cassiopeae, par *Birt* (**ibid, p. 279**) et par *Snow* (**ibid, p. 283**).

Nous passons maintenant aux étoiles plus particulièrement périodiques, et nous commençons par la classe de celles à longue période.

Les variations d'éclat de o Ceti furent remarquées par *D. Fabricius,* en 1596 (**Cassini, Elm, 1740, 66**); mais ce fut *Holwarda* qui en reconnut, en 1638, le caractère de périodicité (*Holwarda,* Dissertatio astronomica; 12°, Franekerae, 1640). La période toutefois ne fut déterminée que par *Hevelius* (Historiola mirae stellae in collo Ceti; fol., Gedani, 1662). Dès 1669, *J. D. Cassini* fit la remarque importante qu'elle est sujette à de légères irrégularités (**Paris, His, I, 1733, 132**).

On connaît aujourd'hui de nombreuses étoiles de cette classe, que l'on trouvera dans les listes d'étoiles variables qui seront indiquées à la fin du présent §.

La première variable à courte période que l'on découvrit, fut β Lyrae; *Goodricke* l'avait observée en 1784, et en fixait alors la période à $6^j 9\frac{1}{2}^h$ (**London, PTr, 1785, 153**).

La superposition d'effets divers, qui altèrent peu à peu l'aspect de la période, avait été entrevue, dans les étoiles de cette classe, par *Argelander* (**ANn, XXVI, 1848, 371. — Comparez : Bonn, Beo, VII, 1869, 315**).

Parmi les étoiles à éclipses, les variations de β Persei avaient été remarquées les premières, en 1672, par *Montanari* (Sopra la sparizione, mémoire cité plus haut). Ces étoiles étaient restées, jusqu'à ces derniers temps, confondues avec les autres variables. Récemment elles ont fait l'objet d'un travail important :

2965. Pickering, E. C. Variable stars of short period. Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI, 1881, p. 257.

A l'aide de mesures photométriques, cet astronome montre, d'une manière à peu près concluante, que ces variables souffrent, à des périodes réglées, de simples offuscations passagères, qu'on peut attribuer à une autre étoile qui circule autour de la principale.

On verra encore sur ce sujet :

2966. **Pickering, E. C., Searle, A. & Wendell, O. C.** Photometric measurements of the variable stars β Persei and DM 81° 25, made at the Harvard College Observatory. Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI, 1881, p. 370.

C'est également dans les catalogues généraux de variables, qu'on trouvera les étoiles de ce type, parmi lesquelles on peut citer β Persei, S Cancri, λ Tauri, δ Librae, U Coronae.

Les différentes hypothèses que l'on avait présentées jusqu'ici, pour expliquer les phénomènes des étoiles changeantes, s'appliquaient indistinctement, dans la pensée de leurs auteurs, à toutes les classes de variables. *Riccioli* ayant émis l'idée que les étoiles ont un mouvement de rotation, pendant lequel elles nous montrent successivement des faces diversement brillantes et plus ou moins envahies par des taches (Ricciolus, Alm, 1651, II, 177), *Boulliau* se servit de cette hypothèse pour expliquer la variabilité d'éclat de certaines étoiles (*Bullialdus,* Ad astronomos monita duo; 4°, Parisiis, 1667).

Lorsque *J. D. Cassini* eut constaté, en 1692, l'irrégularité des périodes de o Ceti (Paris, His, I, 1733, 132), il supposa, pour expliquer ces irrégularités, que l'axe de rotation de l'étoile subissait un déplacement (Paris, H & M, 1706, 116). *Maupertuis* espérait rendre raison de toutes les circonstances, en se représentant les étoiles variables comme des ellipsoïdes qui pouvaient être fort aplatis, et dont l'axe de rotation n'était pas celui de l'aplatissement (*De Maupertuis,* Discours sur les différentes figures des astres; 8°, Paris, 1732. — Reproduit dans ses OEuvres, 4 vol. 8°, Lyon, 1756; t. I, p. 81).

Une autre hypothèse, beaucoup moins plausible, avait été présentée par *von Hahn* (BaJ, 1798, 224). Elle consistait à supposer que les changements d'éclat proviennent de changements de distance entre l'étoile et nous. *Arago* en a fait justice (Paris, ABL, 1842, 326), en s'appuyant sur des considérations empruntées à la photométrie.

L'examen spectroscopique des étoiles temporaires a donné plus tard l'idée que, dans l'apparition subite de ces étoiles, il fallait voir l'effet d'un vaste embrasement. On a même avancé qu'il s'agissait d'un incendie d'hydrogène. On trouvera un exposé des observations sur les spectres des dernières étoiles temporaires qui ont paru, dans

2967. **Sklarek, W.** Die spectralanalytischen Untersuchungen neuer Sterne. Leopoldina, amtliches Organ der Deutschen Akademie der Naturforscher, 4°, Dresden; vol. XV, 1879, p. 15, 23.

L'explication des phases des étoiles variables par des éclipses s'était bien aussi présentée à l'esprit des astronomes. *Lalande* n'en fait pas mention dans la seconde édition de son Astronomie [1771]; mais dans la troisième édition, il a ajouté au texte primitif une simple phrase, dans laquelle il mentionne cette hypothèse, en se servant des mots « on a pensé aussi » qu'un satellite venait, par intervalles, éclipser l'astre principal (**Lalande, Ast_3, I, 1792, 268**).

Cette hypothèse n'a eu toutefois qu'une faible valeur pratique, jusqu'au moment où *Pickering* l'a reprise (Proceedings of the American Academie of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI, 1881, p. 19), en la limitant à une catégorie particulière d'étoiles variables.

L'état de nos connaissances sur cette branche de la science, antérieurement à ce dernier travail, est résumé dans la notice intéressante et bien faite de

2968. **Loomis, F. C.** Periodic stars, inaugural dissertation; 4°, Göttingen, 1869.

Il paraît y avoir une certaine relation entre la variabilité des étoiles et leur couleur. *Hind* a fait depuis longtemps la remarque que la plupart des étoiles variables sont de teinte rouge (**Paris, Crh, XXX, 1850, 359**).

On peut consulter sur ces rapports :

2969. **Chandler, S. C.** On the relation between the colours and periods of variable stars. The intellectual observer, a review of natural history; 8°, London; vol. II, 1879, p. 1.

Une bibliographie sommaire des mémoires et notices qui concernent les étoiles variables, a été donnée par

2970. **Knobel, E. B.** Variable stars. **London, MNt, XXXVI, 1876, 372.**

Voici l'indication des principaux catalogues relatifs aux étoiles variables proprement dites :

1786. E. Pigott, Observations and remarks on those stars suspected to be changeable, dans **London, PTr, 1786, 189.** C'est le premier catalogue spécial d'étoiles variables.

1820. Westphal, Ueber die periodisch veranderlichen Sterne, dans les Neueste Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig, 4°, Danzig; vol. I, Hft. II, p. 3, 60. — Catalogue longtemps classique. Comparez : **ZfA, IV, 1817, 185, 315; VI, 1818, 282.**

1856. Pogson, dans **Oxford, Res, XV, 281.** Liste de 53 étoiles variables. — *Pogson* a donné aussi, en 1860, 15 cartes carrées, de chacune 1°20′ de côté, faites au Hartwell Observatory, portant les étoiles, jusqu'à la 12e magnitude, qui entourent autant de variables.

1865. Chambers, dans **London, MNt, XXV, 209** et **ANn, LXIII, 117.** — Respectivement 113 et 123 numéros, avec les noms des astronomes qui ont découvert la périodicité de l'étoile. Reproduit dans sa Descriptive astronomy, 8°, Oxford, 1867, p. 576; 3e éd., 1877, p. 579.

1868. Schönfeld & Winnecke, Verzeichniss von veränderlichen Sternen zur Feststellung ihrer Nomenclatur, dans **Leipzig, Vjh, III, 66.** — Base de la nomenclature moderne des variables.

1875. Schönfeld, Zweiter Catalog von veränderlichen Sternen, dans le Jahresbericht des Mannheimer Vereins für Naturkunde, 8°, Mannheim; vol. XL. Un premier catalogue avait paru dans la même collection, vol. XXXII. Le second est plus complet et contient 206 numéros. Il est reproduit dans *Gretschel & Wunder*, Die Fortschritte auf dem Gebiete der Astronomie, 8°, Leipzig; année 1875, p. 127. — Voyez encore, pour les recherches de *Schönfeld,* le Mannheimer Bericht, vol. XXXVIII, 1873.

Depuis 1878, il paraît chaque année une éphéméride ayant pour titre :

2971. *** Zeiten des grössten Lichts für die telescopisch veränderlichen Sterne zwischen Decl. + 80° und — 2° im Jahre [ici le millésime]; 8°, s. l. n. d.

La liste et les positions des étoiles variables, avec les époques des maxima ou des minima de celles dont on connaît la période, figurent aussi dans **Paris, ABL**; voir année 1882, p. 71.

Les revues astronomiques **ARr** et **Obs** donnent aussi l'annonce des maxima ou des minima des étoiles variables.

Sur la distribution des étoiles variables à la surface de la sphère, on consultera :

2972. Espin, T. E. The distribution of the variable stars. **Obs, IV, 1881, 250; V, 1882, 77.**

D'après cet auteur, les étoiles variables seraient pour la plupart contenues dans une zone, inclinée de 15° à 20° sur l'équateur.

§ 327. COULEURS.

Aratus, au — IIIe siècle, parle déjà, dans ses Phaenomena (voir § 54, n°s 396-401), d'étoiles colorées. *Ptolémée* en nomme cinq rougeâtres (**Ptolemaeus, MCo, lib.** VII, **cap.** 5; **lib.** VIII, **cap.** 1); mais il regarde la teinte jaune comme la plus commune parmi les étoiles (**ibid,** 5; **lib.** VIII, **cap.** 3). Les étoiles bleues ont été mentionnées pour la première fois par *Mariotte* (OEuvres, 2 vol. 4°, Leyde, 1717; nouv. édit., 2 vol. 4°, La Haye, 1740; voir vol. I : de la nature des couleurs). *W. Herschel,* en portant sur ce point une attention scrupuleuse, a trouvé des étoiles de toutes les couleurs élémentaires du spectre (**London, PTr, 1782, 112; 1785, 40**).

C'est cet astronome qui commença (l. c.) à porter l'examen, d'une manière suivie, sur les couleurs des étoiles. Vers la fin de sa carrière il avait même jeté, à cet égard, les premiers linéaments d'un travail systématique (**London, PTr, 1814, 248**).

C'est surtout parmi les étoiles doubles que les astronomes ont pris soin de noter les couleurs. C'est dans les descriptions des groupes binaires et multiples, dont nous traiterons au chapitre suivant, qu'il faut chercher ce qui concerne les couleurs de ces astres.

On trouvera une bibliographie sommaire des travaux relatifs aux étoiles rouges dans

2973. **Knobel, E. B.** Red stars. **London, MNt, XXXVI, 1876, 376.**

La première liste d'étoiles rouges fut formée, en 1805, par *M. J. J. de Lalande.* On peut énumérer les catalogues suivants des étoiles de cette couleur.

1805. M. J. J. DE LALANDE, Table des étoiles rouges; dans **CdT, an XV [1807], 378.** — Ce premier catalogue contient 33 étoiles. Il est complété **Cas, VII, 1822, 298; VIII, 1823, 95.**

1847. J_1. HERSCHEL, Catalogue of red Stars, dans ses Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London; p. 448. — Ce catalogue contient 66 étoiles australes, d'un rouge prononcé, qui sont toutes télescopiques.

1866. SCHJELLERUP, Catalog der rothen isolirten Sterne; dans **ANn, LXVII, 1866, 97,** avec additions **LXVIII, 1867, 65.**

1867. CHAMBERS, Catalogue of red stars, dans sa Descriptive astronomy, 8°, Oxford, p. 583; 3e édit., 1877, p. 588.

1873. J. Schmidt, Verzeichniss rothgelber Sterne, dans ANn, LXXX, 85.

1874. Schjellerup, Zweiter Catalog der rothen, isolirten Sterne, dans Leipzig, Vjh, IX, 252.

1877. Birmingham, The red stars, observations and catalogue; dans Dublin, Tra_1, XXVI, n° 7.

1879. Lindemann, Verzeichniss von 32 neuen rothen Sternen; dans St. Pétersbourg, Bul_3, XXV, 1879, 155.

1882. Dreyer, Mean places of 321 red stars (chiefly from Schjellerup's catalogue), deduced from observations made with the meridian circle at Dunsink; dans Astronomical observations and researches made at Dunsink, 4°, Dublin; part. IV, p. 77.

Sur la distribution des étoiles rouges à la surface de la sphère, on peut voir :

2974. Doberck, A. W. On the distribution of red stars. ANn, XCIII, 1878, 31.

Les recherches suivantes sont d'un caractère plus général, et s'étendent à des étoiles de toute couleur :

1845-47. Sestini, Memoria sopra i colori delle stelle del catalogo di Baily; 2 cah. 4° et une carte, Roma. — Comparez : Roma, MOs_2, 1852-55, 58 et AJl, I, 1851, 88.

1864. W. H. Smyth, Sideral chromatics; 8°, London.

1869. Secchi, Catalogue des étoiles colorées dont on a observé le spectre prismatique; dans ANn, LXXIII, 129.

1873. Tupman, Colours and magnitudes of southern stars, dans London, MNt, XXXIII, 1873, 312.

1876. Secchi, Prodromo di un catalogo fisico delle stelle colorate; dans Spettr. ital., Mem. V, 1876, 159. — Reproduit dans *Secchi*, Le stelle, 8°, Milano, 1878; p. 359. — Il y a, dans ce catalogue, 444 étoiles colorées.

1881. Pickering, Objects remarkable for their colors or spectra, found at the astronomical Observatory of Harvard College. ANn, XCIX, 375.

La détermination de la couleur, faite par simple appréciation, a forcément quelque chose d'arbitraire. Dans le dessein d'asseoir la classification sur une base précise, *Zöllner* a proposé son colorimètre, qui se trouve décrit dans son mémoire :

2975. **Zöllner, J. C. F.** Ueber Farbenbestimmung der Gestirne. **APC_1, CXXXV, 1868, 59.** Aussi **ANn, LXXI, 1858, 321.**

On verra aussi sur ce sujet :

2976. **Secchi, A.** Ricerche di un metodo sicuro per determinare i colori delle stelle. Il nuovo cimento, 8°, Pisa; vol. I; 1855, p. 405.

La couleur de certaines étoiles subit des variations. *Barker* a établi, par exemple (**London, PTr, 1760, 498**), par les témoignages d'*Aratus*, d'*Horace* et de *Sénèque*, qu'autrefois Sirius était rougeâtre, tandis qu'aujourd'hui sa blancheur frappe tous les yeux.

Ces changements étaient parfois si sensibles qu'on en a cherché l'explication. *Bailly* les attribue (Histoire de l'astronomie moderne, 3 vol. 4°, Paris; édit. 1785, t. II, p. 709) aux différents degrés d'incandescence des astres.

Il y a également des changements de couleur par fluctuation ou par périodicité. On trouvera les principales études sur ces changements dans

2977. **Klein, J. H.** Ueber den Farbenwechsel einiger Fixsterne. **ANn, LXX, 1868, 105; LXXIII, 1869, 79; LXXXVIII, 1876, 363; LXXXIX, 1877, 235.**

2978. **Osthoff, H.** Beobachtungen über farbenändernde Fixsterne. **WfA, XIX, 1876, 131, 185..., 313...; XX, 1877, 153.**

§ 328. SPECTRES STELLAIRES.

Nous avons parlé § 150, p. 318, des spectres naturels produits par la dispersion dans l'atmosphère. Les premières recherches sur les spectres prismatiques des étoiles ont été indiquées au § 138, p. 333. Il ne nous restera à traiter ici que de l'étude spéciale des spectres des étoiles individuelles.

Knobel a donné une table bibliographique sommaire des mémoires relatifs aux spectres des étoiles, sous le titre

2979. **Knobel, E. B.** Star-spectra. **London, MNt, XXXVI, 1876, 388.**

On trouvera aussi une liste de notices relatives à quelques points spéciaux, dans **London, MNt, XXVII, 1867, 168.**

Les premiers travaux systématiques relatifs aux spectres des étoiles furent ceux de *Donati* et de *Huggins* & *Miller,* dont voici les titres :

2980. **Donati, G. B.** Intorno alle strie degli spettri stellari. Annali del Museo di fisica e storia naturale di Firenze, 4°, Firenze; vol. I, 1866, p. 1.

2981. **Huggins, W. & Miller, W. A.** Note on the lines in the spectra of some of the fixed stars. **London, Pro, XII, 1863, 444.** — Reproduit : **PMg_4, XXVI, 1863, 319.**

2982. **Huggins, W. & Miller, W. A.** On the spectra of some of the fixed stars. **London, PTr, 1864, 413.**

Ce dernier mémoire contient le détail des spectres d'un grand nombre d'étoiles.

Mais jusque-là ces observations étaient purement analytiques, et sans liaison entre elles. Le premier astronome qui entreprît d'établir une classification dans les spectres des étoiles fut *Rutherfurd,* qui forma des types auxquels il les rapporta tous. Son travail a servi de base à ceux de ses successeurs.

On verra sur l'établissement des types, dans les spectres stellaires :

2983. **Rutherfurd, L. M.** Astronomical observations with the spectroscope. **AJS_2, XXXV, 1863, 71, 407.**

2984. **Secchi, A.** Sugli spettri prismatici delle stelle fisse. Memorie di matematica e di fisica della Società italiana delle scienze, serie III[a], 4°, Modena; vol. I, 1867, p. 67.

On mentionnera plus loin d'autres mémoires du même auteur, sous le même titre. C'est dans celui-ci qu'il s'occupe de constituer les types.

2985. **Vogel, H. C.** Spectralanalytische Mittheilungen. **ANn, LXXXIV, 1874, 113.**

L'article suivant contient une exposition élémentaire des types :

2986. **Fievez, C.** Les spectres stellaires. Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles; t. II, 1882, p. 490.

On consultera pour l'étude plus spéciale des différentes étoiles en particulier :

2987. **Wolf, C. & Rayet, G.** Nouvelles recherches sur la spectroscopie stellaire. **Paris, Crh, LXV, 1867, 292.**

2988. **Secchi, A.** A catalogue of spectra of red stars. **London, MNt, XXVIII, 1868, 196.**

2989. **Huggins, W.** On the results of spectrum analysis as applied to the heavenly bodies. **British Assoc, Rep, 1868, 140, 152.**

Résumé général, accompagné de figures.

2990. **D'Arrest, H.** Auffindung neuer ausgezeichneter Sternspectra von III. und IV. Secchi'schen Typus. **ANn, LXXXIV, 1874, 265, 369; LXXXV, 1875, 249; LXXXVI, 1875, 53.**

2991. **Secchi, A.** Sugli sprettri prismatici delle stelle fisse. Memorie di matematica e di fisica della Società italiana degli XL, 4°, Firenze; vol. II, 1876, p. 73, 191.

Ces mémoires, qui sont la suite de celui mentionné sous le n° 2984, datent respectivement de 1868 et 1872.

Nous mentionnerons encore, comme se rattachant à ces études :

2992. **Secchi, A.** On stellar spectrometry. **British Assoc, Rep, 1868, 165.**

On a parlé au § 326, p. 867, des spectres des étoiles temporaires, et au § 140, p. 537, du déplacement des raies par l'effet du mouvement des astres.

Sur la photographie des spectres des étoiles, on consultera :

2993. **Huggins, W.** Note on the photographic spectra of stars. **London, Pro, XXV, 1877, 445.** — Reproduit dans **Spettr. ital, Mem, V, 1876, 175**; et dans **AJS_3, XIII, 1877, 324.**

2994. **Draper, H.** On photographing the spectra of the stars and planets. **AJS_3, XVIII, 1879, 419.** — Reproduit : **Spett. ital, Mem, VIII, 1879, 81.**

2995. **Huggins, W.** On the photographic spectra of stars. **London, PTr, 1880, 669.**

§ 329. RAYONNEMENT CALORIFIQUE.

La question du rayonnement calorifique des étoiles est à peine à son début. On pourra consulter à ce sujet les deux notes suivantes :

2996. **Huggins, W.** Note on the heat of the stars. **London, Pro, XVII, 1869, 309.**

2997. **Stone, E. J.** Approximate determination of the heating powers of Arcturus and α Lyrae. **London, Pro, XVIII, 1870, 159.**

§ 330. MOUVEMENTS PROPRES.

Le fait général de l'invariabilité des configurations des étoiles ne fut pas mis en question, jusqu'au commencement du XVIII[e] siècle. Comme on considérait encore les étoiles en longitude et en latitude, les mouvements propres suivant la première de ces coordonnées se perdaient dans l'incertitude de la précession. La latitude, au contraire, ne devait varier que de la faible quantité qui dépend de la diminution d'obliquité. Aussi est-ce par les déplacements en latitude, que l'on s'aperçut d'abord de l'existence des mouvements propres.

En 1718, *Halley* reconnut que certaines étoiles, notamment α Tauri, α Canis majoris et α Bootis, avaient subi des dérangements en latitude, inexplicables par la seule variation de l'écliptique. Il en conclut que ces trois étoiles étaient sujettes à de petits déplacements particuliers et indépendants. Voyez :

2998. **Halley, E.** Considerations on the change of latitude of the principal fixt stars. **London, PTr, 1718, 736.**

J. Cassini leva tous les doutes sur la nature individuelle de ces mouvements : tandis que α Bootis s'était déplacé par rapport à l'écliptique fixe, η Bootis, qui en est voisine, n'avait pas changé de distance à ce cercle. Son travail a pour titre :

2999. **Cassini, J.** Des variations dans la situation et dans le mouvement de diverses étoiles. **Paris, H & M, 1738, 331.**

Ce fut *T. Mayer* qui généralisa ces recherches, et qui examina systématiquement toutes les étoiles pour lesquelles il avait des éléments de comparaison. Il en résulta un premier catalogue de mouvements propres, qui ouvrit la voie à toute une série de travaux dans cette direction.

On trouvera dans le grand travail de *Knobel* sur les catalogues d'étoiles (voir § 511, nº 2938), l'indication des principaux catalogues de mouvements propres (**London, MAS, XLIII, 1877, 62, 63**). Le même auteur a donné, en outre, une bibliographie sommaire des articles et notices relatifs à ces mouvements des étoiles, savoir :

3000. **Knobel**, E. B. Proper motions of stars. **London, MNt, 1876, 381.**

Voici l'indication rapide des catalogues les plus importants relatifs aux mouvements propres des étoiles.

1760. T. Mayer, De motu fixarum proprio commentatio, dans ses Opera inedita, 4º, Gotingae, 1775, p. 77. — 80 étoiles, par la comparaison de ses observations de 1756 avec celles de 1706 du Triduum de *Roemer*.

1776. Maskelyne, Proper motion of stars, dans les Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich, 4 vol. fol., London; vol. I, p. ix. — 7 étoiles, en comparant ses positions de 1767 à celles de *Bradley* en 1755.

1781. J. J. de Lalande, Mémoire sur la quantité de la précession des équinoxes; dans **Paris, H & M, 1781, 337.** — Examen de 213 étoiles de *Flamsteed* comparées aux positions de *La Caille*. Dans ce nombre, il en trouve 41 qui ont un mouvement accusé.

1788. Delambre, Catalogue de 400 étoiles principales, dans **CdT, 1790, 376.**

1791. Triesnecker, De motibus propriis fixarum, dans **EpV, 1792, 380.** — 67 étoiles.

1792. De Zach, MCCL stellarum zodiacalium catalogi novi; 4º, Gothae. — 92 mouvements propres en ascension droite et 81 en déclinaison, en comparant entre elles les observations de *T. Mayer*, de *Maskelyne* et de *Triesnecker*.

1796. J. J. de Lalande, Sur le mouvement particulier propre à différentes étoiles, dans **CdT, an VI [1798], 203.**

1806. Piazzi, Saggio sui movimenti proprii delle fisse; dans les Memorie dell' Istituto nazionale italiano, classe di fisica e di matematica, 4º, Bologna; vol. I, p. 1. — 509 étoiles, en comparant ses observations à celles de *Bradley* et de *T. Mayer*.

1806. J. J. de Lalande, Table du mouvement propre de cinq cents étoiles, dans **CdT, 1808, 354.** — 516 mouvements propres.

1815. Pond, Determination of the North polar distance and proper motion of 30 fixed stars, dans **London, PTr, 1815, 388**; complété par : On the changes which have taken place in the declination of some of the principal fixed stars, dans **London, PTr, 1823, 34, 39, 529.** Comparez : **Greenwich, Obs, 1820, p. xiv.** — 45 mouvements propres par des comparaisons à *Bradley*.

1818. Bessel, De motibus propriis stellarum, dans ses Fundamenta astronomiae, fol., Regiomonti; p. 308. — 71 mouvements propres, par la comparaison des observations modernes à celles de *Bradley*.

1826. Cacciatore, Posizioni e movimenti proprj delle stelle; dans Del reale Osservatorio di Palermo, fol., Palermo; lib. IX, p. 153. — Discussion des mouvements propres connus à cette époque.

1833. Baily, On the proper motion of the fixed stars, dans **London, MAS, V, 158.** — 314 étoiles observées par *Bradley, Piazzi* et *Airy*.

1835. Argelander, DLX stellarum fixarum positiones mediae; 4°, Helsingforsiae. — 560 étoiles, d'après ses observations d'Abo comparées à celles de *Bradley*.

1845. T. G. Taylor, dans A general catalogue of the principal fixed stars from observations at Madras, 4°, Madras; append. — 732 mouvements propres.

1851-1860. Main, Proper motions of the stars; dans **London, MAS, XIX, 136; XXVIII, 127.** — Les mouvements propres de 1170 et 270 étoiles respectivement, d'après les observations modernes de Greenwich comparées à celles de *Bradley*.

1852. F. Struve, De motibus propriis stellarum; dans Stellarum fixarum positiones mediae, fol., Petropoli; p. cliij. — 384 étoiles de *Bradley*.

1855. Oeltzen, Eigene Bewegungen von Fixsternen; dans **Wien, Stz, XVI, 540.** — 1 696 étoiles par des comparaisons entre les positions de *M. J. J. de Lalande* et celles d'*Argelander*.

1856. Mädler, Die Eigenbewegungen der Fixsterne in ihrer Beziehung zum Gesammtsystem; dans **Dorpat, Beo, XIV, 14.** — Mouvements propres des 3 222 étoiles de *Bradley* réduites par *Bessel*.

1857. Laugier, Mémoire sur les distances polaires des étoiles fondamentales; dans **Paris, Mém$_2$, XXVII, II, 1.** — Mouvements propres de 140 étoiles.

1860. Jacob, Catalogue of stars selected from the B. A. Catalogue; dans **London, MAS, XXVIII, 1.** — 317 étoiles à grands mouvements propres.

1861. E. Quetelet, Essai sur le mouvement propre en ascension droite de quelques étoiles, dans **Bruxelles, Mém$_2$, XXXII, n° 1.** — Mouvements propres en ascension droite de 343 étoiles.

1861. Gould, On the mean places for 1855,0 of forty-eight circumpolar stars, dans **AJ1, VI, 1, 78.** — 48 circompolaires, par la comparaison des meilleurs catalogues modernes.

1863. I. Calandrelli, Nuove ricerche sul moto proprio delle stelle con applicazioni; dans **Roma**, **Att**, **XVI**, **365**, **453**. — Mouvements propres des étoiles fondamentales. Il y avait eu un travail préliminaire dans **Roma**, **Att**, **X**, **1857**, **209**, **313**.

1864. E. Quetelet, Sur le mouvement propre de quelques étoiles, dans **Bruxelles**, **Mém**$_2$, **XXXIV**, **n° 3**. — Discussion des mouvements propres de 60 étoiles.

1865. E. J. Stone, Proper motions of the stars of the Greenwich seven-year catalogue, dans **London**, **MAS**, **XXXIII**, **61**. — 460 étoiles, d'après les observations de Greenwich.

1869. Argelander, Untersuchungen über die Eigenbewegungen, dans **Bonn**, **Beo**, **VII**, **47**. — 250 étoiles d'après les observations successives d'un grand nombre d'astronomes.

1875. E. J. Stone, Proper motions of 406 Southern stars, dans **London**, **MAS**, **XLII**, **129**. — 406 étoiles d'après les observations du Cap comparées à celles plus anciennes.

On trouvera, en outre, des déterminations de mouvements propres dans la plupart des mémoires cités au § 159, p. 393 et 394, où l'on traite la question du transport du système solaire dans l'espace.

La distribution des étoiles à mouvement propre a fait l'objet des recherches de

3001. **Bravais, A.** Mémoire sur le mouvement propre du système solaire dans l'espace. **JdM**$_1$, **VIII**, **1843**, **435**. — Comparez : **Paris**, **Crh**, **XVI**, **1843**, **497**; **XVII**, **1843**, **888**.

La conclusion de l'auteur est que les sept dixièmes des étoiles à mouvement propre sont répartis uniformément sur la sphère, tandis que trois dixièmes sont concentrés vers un grand cercle, dont le pôle est par

Ascension droite. . . $7^h\ 4^m$; déclinaison. . . $+ 51°$.

Mais l'auteur n'avait eu de données que pour le ciel européen.

Kowalski croit pouvoir inférer de l'examen auquel il s'est livré, qu'il existe au ciel une zone, dans laquelle les mouvements propres sont minima. Il place le pôle de cette zone par

Ascension droite. . . $13^h\ 27^m$; déclinaison. . . $+ 21°$.

Voyez son mémoire :

3002. **Kowalski, M.** Sur les lois du mouvement propre des étoiles du catalogue de Bradley. Recherches astronomiques de l'Observatoire de Kasan; 8°, Kasan, 1859, I (et particulièrement p. 89). — Aussi : Outscheniya zapiski kazanskago ouniversiteta, 8°, Kazani; année 1860, p. 47.

Fedorenko a fait voir que si l'on considère un nombre suffisant de mouvements propres, la grandeur de ces mouvements est sensiblement proportionnelle à l'éclat des étoiles :

3003. **Fedorenko, J.** Ueber die eigene Bewegungen der Fixsterne. **ANn, XLV, 1857, 81; XLVIII, 1858, 107.**

Dans le travail ci-dessous, *Gyldén* montre l'existence d'une loi déterminée, dans les mouvements propres des étoiles :

3004. **Gyldén, H.** Antydningar om lagbundenhet i stjernornas rörelser. Öfversigt af vetenskaps Akademiens forhanlingar, 8°, Stockholm; année 1871, p. 947.

Bessel avait fait la remarque, en 1818 (Fundamenta astronomiae, fol., Regiomonti; p, 310), que les mouvements propres se rencontrent de préférence parmi les étoiles doubles, et de la communauté du mouvement pour les deux éléments du groupe, il déduisait leur dépendance physique. Il reconnut, au reste, que cette communauté ne se borne pas toujours à des étoiles fort voisines entre elles; il signala le cas de 30 Scorpii et 36 Ophiuchi qui, malgré la distance de plus de 12′ qui les sépare, se meuvent sensiblement dans le même sens et de la même quantité (op. cit., p. 311).

Mädler ayant considéré 15 étoiles des Pléïades, trouva que leurs mouvements propres sont presque communs, de + 0″,022 en asc. dr. et — 0″,066 en décl., ayant leur pôle sous l'ascension droite de 331° 32′ et sous la déclinaison de — 15° 32′ (**ANn, XXIV, 1846, 222**).

Proctor a donné à cette communauté de mouvement, dans certaines étoiles d'une même région, le nom de « star-drift, » dérive ou, si l'on veut, glissement d'étoiles. Il a signalé particulièrement à l'attention des astronomes β, γ, δ, ε, ζ Ursae majoris, qui ont des mouvements propres, inégaux, il est vrai, en grandeur, mais s'effectuant tous dans un même sens. Son travail a pour titre :

3005. **Proctor, R. A.** Preliminary paper on certain drifting motions of the stars. **London, Pro, XVIII, 1870, 169.**

Joignez :

3006. **Flammarion, C.** Carte générale des mouvements propres des étoiles. **Paris, Crh, LXXXV, 1877, 935.** — **Reproduit : Bulletin international de l'Observatoire de Paris, fol., Paris; 1877, déc. 1.**

3007. **Proctor, R. A.** Note accompanying two charts showing the proper motions of all the stars in the catalogues of proper motions by R. Main and E. J. Stone. **London, MNt, XXXIII, 1873, 105.**

3008. **Flammarion, C.** Systèmes stellaires. **Paris, Crh, LXXXV, 1877, 511, 783, 842, 902.**

Dans ces diverses notes, l'auteur examine sept systèmes, formés chacun de deux ou même de trois étoiles, qui marchent de conserve. Un huitième système signalé par lui (vol. cit., p. 438, 510), formé de l'étoile double nº 2801 de *Struve* et du nº 7510 B. A. C., n'était qu'illusoire, et reposait, comme *Dunkin* l'a montré (**London, MNt, XXXVIII, 1878, 25**), sur une erreur dans le mouvement propre porté au B. A. C.

Voyez encore :

3009. **Safford, T. H.** On certain groups of stars with common proper motions. **London, MNt, XXXVIII, 1878, 295.**

Une autre question importante est celle de l'uniformité ou de la variabilité des mouvements propres. Ces mouvements étant fort petits, et par suite fort difficiles à dégager des erreurs des observations, on a commencé par les supposer proportionnels au temps. Ce fut *Bessel* qui, le premier, crut pouvoir montrer une inégalité d'allure dans quelques mouvements propres, ceux de α Canis majoris et de α Canis minoris :

3010. **Bessel, F. W.** Ueber die Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen der Fixsterne. **ANn, XXII, 1845, 145.**

Ce grand astronome suspectait que ces étoiles étaient en réalité des étoiles doubles, dont nous n'apercevions qu'une composante. Dans cette hypothèse, la variation des coordonnées était liée aux éléments de l'orbite relative. Ce fut l'objet d'un travail de

3011. **Peters, C. A. F.** Formeln für die Veränderungen der Rectascension und Declination eines Sterns, welche aus dessen Bewegung in Folge gegenseitiger Anziehungen zwischen ihm und einen benachbarten Stern hervorgehen. **ANn, XXXII, 1851, 27.**

La découverte du satellite de Sirius, en 1862, par *A. Clark* (**London, MNt, XXII, 1862, 170**) vint confirmer, au moins en ce qui concerne cette étoile, les prévisions de *Bessel*.

On peut encore voir, sur la variabilité des mouvements propres, le travail de

3012. **Bianchi, G.** Variabilità dei moti proprj di non poche stelle. **Roma, Att, XIX, 1866, 234** [134].

§ 331. PARALLAXE.

Il a été reconnu de très-bonne heure, dans l'antiquité, que les distances stellaires défiaient les mesures des instruments astronomiques. Au — III[e] siècle, *Aristarque* de Samos concluait de l'insensibilité de la parallaxe annuelle des étoiles, combien les dimensions de l'orbite terrestre étaient petites vis-à-vis de la distance qui nous sépare de ces astres (*Archimedes*, De numero arenae [G], in initio). *Ptolémée* dit que la parallaxe des étoiles est inappréciable (**Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 5**). *Aboul Hhassan*, muni d'instruments plus délicats, la regardait encore comme insensible (*J. J. Sédillot*, Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; vol. I, 1834, p. 73). Toutefois les arabes, supposant la Terre immobile au centre de l'univers, ne pouvaient considérer que la parallaxe diurne, et plaçaient simplement la sphère des fixes à l'apogée de l'orbe de Saturne (*Alfraganus*, Rudimenta astronomiae [A], diff. XXI; *Albategnius*, De motu stellarum [A], cap. 50).

Les dernières quantités angulaires qu'on pouvait alors apprécier sur les limbes divisés, laissaient cependant une assez large marge aux valeurs possibles de la parallaxe. Celle-ci restait dans les limites des grandeurs inappréciables; mais atteignait-elle ces limites mêmes? *Lansberg* affirma (Commentationes in motum Terrae, 4°, Middelburgi, 1630; p. 3) qu'elle devait se compter non par des minutes, mais par des secondes.

A cette époque, on supposait encore que toutes les étoiles se trouvaient à la même distance de nous. Voici les évaluations que l'on avait faites de la parallaxe commune des fixes. Nous réduisons les distances exprimées en rayons terrestres par *Magini* et par *Longomontanus*, en prenant 8",8 pour la parallaxe du Soleil.

Valeurs attribuées à la parallaxe commune des fixes.

1609. MAGINI (Primum mobile, fol., Bononiae; lib. II, probl. 29). . . . 616"

1614. SCHEINER (Disquisitiones mathematicae, 4°, Ingolstadii; n° 13) . . 20

1620. KÉPLER, par des spéculations théoriques (**Keplerus, Epi, II, 479. — Keplerus, Opa, VI, 1866, 331**). 6

1622. LONGOMONTANUS (Astronomia danica, fol., Amsterodami; theoric., lib. I, cap. 1) . . . . 611″

1631. LANSBERG (Uranometria, 4°, Middelburgi; lib. III, elem. 7. — Dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663, uran., p. 70). 7,37

1632. GALILÉE (Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, 4°, Fiorenza; part. III. — Galilei, Ope, I, 1842, 397) 20

1633. VAN DEN HOVE (*Hortensius*, Dissertatio de Mercurio in Sole viso; 4°, Lugduni Batavorum) 30

1644. HÉRIGONE (Cursus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis; vol. V, p. 615). 180

1645. DE RHEITA (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae; p. 193) . . 240

1645. BOULLIAU (Bullialdus, Aph) 80

1651. WENDELIN (Cité Ricciolus, Alm, I, 419) 8

La première idée qui se présenta pour effectuer la recherche des parallaxes annuelles, fut de prendre des hauteurs à six mois d'intervalle. *T. Brahé* l'essaya. Il ne trouva à la Polaire que des variations renfermées dans les limites des erreurs instrumentales, et il en conclut que la parallaxe de cette étoile était moindre que 30″ (Braheus, AiP, 1602, 233, 246. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, I, 156).

Il fallait d'abord se débarrasser de la fausse conception que les étoiles sont attachées à la surface d'une sphère. En 1642, *Bettini* attribuait encore une distance commune à toutes les étoiles fixes (*Bettinus,* Apiaria universae philosophiae mathematicae, 2 vol. fol., Bononiae; apiar. x, progymn. j, prop. 1,3). Cependant, *T. Brahé* avait avancé, en 1597, qu'elles sont à des distances inégales de nous (Braheus, AiP, I, 1602, 470, 481. — Reproduit : Brahe, Opa, 1648, I, 294, 306. — Comparez : *Gassendus,* Institutio astronomica, 4°, Parisiis, 1647; lib. III, cap. 15. Reproduit dans Gassendus, Opa, IV, 1658, 65; IV, 1727, 68). *Képler* affirma plus positivement que les moins brillantes sont les plus éloignées (*Keplerus,* De stella nova in pede Serpentarii, 4°, Pragae, 1606, cap. 21; Keplerus, Epi, 1618, 34. — Reproduit : Keplerus, Opa, II, 1859, 689; VI, 1866, 137).

Il résultait de là que, dans la recherche des parallaxes, il fallait procéder par étoiles individuelles, sans qu'il fût permis d'étendre, au delà de l'astre considéré, les conclusions qui ressortaient des observations.

Riccioli, ayant opéré sur Sirius, conclut, de son côté, que la parallaxe de cette étoile était insensible (**Ricciolus, Alm, II, 1651, 452**). *Hooke* tirait cependant de ses observations sur γ Draconis, une parallaxe de 15″ (*Hooke,* An attempt to prove the motion of the Earth, 4°, London, 1674; p. 28). Mais *Picard,* après avoir suivi très-attentivement α Lyrae, en 1681, établit d'une manière magistrale que la parallaxe de cette étoile était de l' ordre des erreurs de ses observations (*Le Monnier,* Histoire céleste, 4°, Paris, 1741; p. 252).

Cette conclusion, généralisée, resta celle des astronomes les plus habiles du XVIIIe siècle et du commencement du XIXe. C'était ce que montraient, à *Molyneux* et *Bradley,* leurs observations zénitales (**London, PTr, 1728, 637**); à *Manfredi,* ses différences d'ascension droite entre α Canis majoris et α Bootis (**Bononia, Cii, I, 1731, 599**); à *Méchain* et *Delambre,* leurs observations méridiennes (**CdT, an XVI [1808], 435**); à *F. Struve,* ses séries méridiennes, dont 7 sur 16 donnaient des parallaxe négatives (**Dorpatum, Obs, III, 1822, lxxxvij**); à *Airy,* les deux parallaxes de α Lyrae, l'une positive, l'autre négative, qu'il obtenait avec les deux muraux de Greenwich (**London, MAS, X, 1838, 265**).

Ce n'est pas que quelques résultats isolés ne vinssent parfois se présenter, en contradiction avec l'allure générale des observations. Mais la plupart ne résistaient pas à une critique rigoureuse. Ainsi *Flamsteed* ayant attribué 20″ de parallaxe à α Ursae minoris, *J. Cassini* fit voir que la loi des variations n'était pas celle de la parallaxe (**Paris, H & M, 1699, 177**). Plus tard, *La Caille* (Astronomiae fundamenta, 4°, Paris, 1757; p. 173, 190) croyait tirer de ses observations du Cap une parallaxe de 8″ pour α Canis majoris; mais on a vu, après sa mort, par l'examen de ses papiers, qu'il avait fini par abandonner l'idée que cette parallaxe fût sensible (**Lalande, Ast$_3$, III, 1792, 83**).

Pendant le premier tiers du XIXe siècle, les astronomes se livrèrent à un grand nombre de discussions d'observations méridiennes, dont les résultats étaient tellement liés aux erreurs des observations, qu'il était difficile d'en rien conclure. L'historique de cette partie des recherches sur la parallaxe a été fait par

3013. **Fockens, G. R.** De rationibus observandi et computandi parallaxin annuam stellarum fixarum; 4°, Lugduni Batavorum, 1834.

En présence de la difficulté d'obtenir, par des mesures absolues, un résultat valable, *Galilée* avait proposé d'étudier la parallaxe, ou plus exactement la différence de parallaxe, en suivant les déplacements relatifs de deux étoiles en apparence très-voisines (*Galilei,* Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, 4°, Fiorenza, 1632; part. III. — Reproduit : **Galilei, Ope, éd. Milano, XII, 1811, 206; éd. Firenze, I, 1842, 417**). *Michell* préconisa cette méthode (**London, PTr, 1784, 35**); *Schroeter,* en l'employant, crut trouver $\frac{1}{4}$″ ou $\frac{1}{2}$″ de parallaxe à ζ Orionis et à γ Arietis (**BaJ, 1805, 200**).

En 1836, *F. Struve* fut le premier à déterminer une parallaxe, celle de α Lyrae, avec quelque approximation, par la comparaison micrométrique à des étoiles voisines (**Struvius, SMm, 1837, clxxij**). Il fut suivi presque immédiatement par *Bessel,* qui mesura, au moyen de deux étoiles de comparaison, la parallaxe du système binaire 61 Cygni (**ANn, XVI, 1839, 92**). Depuis lors, cette méthode a été souvent appliquée.

Parmi les autres méthodes qui ont été proposées, pour la mesure de la parallaxe des étoiles, il faut mentionner, dans l'ordre chronologique :

A]. L'emploi d'un réticule triangulaire placé, non dans la lunette, mais à distance, sur une colline voisine, de manière à produire des éclipses artificielles, dont la durée dépend des variations de hauteur de l'étoile :

5014. **Assas-Montdardier, d'.** Sur la détermination de la parallaxe et du mouvement propre en déclinaison des étoiles, au moyen d'une nouvelle méthode d'occultations artificielles. **CdT, 1851, 120.**

Cet astronome croyait trouver 2″ de parallaxe à 29 Eridani; mais la réfraction a trop d'influence sur ce genre d'observations.

B]. La détermination, d'après les mouvements du satellite d'une étoile double, du temps que la lumière emploie pour décrire le diamètre de l'orbite de ce satellite, joignant les points des deux conjonctions (supérieure et inférieure). Cette idée, très-ingénieuse en théorie, est inapplicable en pratique, à cause de l'incertitude qui reste sur l'instant des conjonctions. Voyez

5015. **Savary, F.** Addition à la note sur la détermination des orbites des étoiles doubles. **CdT, 1830, 163.**

C]. Au retard produit par l'aberration, dont il s'agit dans la méthode précédente, on a proposé de substituer le changement de couleur du satellite. Ici la difficulté d'appréciation est d'une autre nature, mais elle n'est guère moindre :

5016. **Wharton, J.** Speculations upon a possible method of determining the distance of certain variably colored stars. **AJS_2, XL, 1865, 190.**

D]. Le déplacement des raies du spectre, pour déterminer l'éloignement et par suite la parallaxe des étoiles à mouvements propres :

5017. **Klinkerfues, E. F. W.** Ueber Fixstern-Systeme Parallaxen und Bewegungen. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 16°, Göttingen; année 1873, p. 359, 460.

Il y a une bibliographie abrégée des articles relatifs à la parallaxe des étoiles, dans :

3018. **Knobel, E. B.** Pallax and distance of stars. **London, MNt, XXXVI, 1876, 384.**

La loi de la variation produite par l'effet de parallaxe, dans la situation apparente des étoiles, a été établie par

3019. **Manfredi, E.** De annuis inerrantium stellarum aberrationibus. **Bononia, Cii, I, 1731, 599.**

De la parallaxe combinée avec l'aberration, résulte un déplacement de l'étoile dont *Boscovich* a donné les formules. La trajectoire apparente est encore une ellipse; mais le lieu de l'astre sur cette courbe diffère de celui qui résulterait de la seule aberration. La tangente de l'angle qui marque cette différence se mesure par le rapport de la parallaxe à l'aberration. Voyez :

3020. **Boscovich, R. J.** De annuis fixarum aberrationibus; 4°, **Romae,** 1742.

Voyez en outre :

3021. **Plana, J.** Mémoire sur les formules propres à déterminer la parallaxe annuelle des étoiles simples ou optiquement doubles. **Torino, Mem$_2$, XVIII, 1859, 503.** — Aussi : **ANn, XLIX, 1859, 373.**

Nous donnons ci-dessous le tableau des parallaxes mesurées. Nous désignons par les lettres

Cm, les comparaisons micrométriques;

Aa, les ascensions droites absolues;

Da, les déclinaisons ou hauteurs absolues;

Or, les observations méridiennes relatives, ou différences de coordonnées par rapport à des étoiles voisines;

DR, le déplacement des raies du spectre.

Lorsqu'il existe plusieurs déterminations pour une même étoile, nous avons choisi les nombres fournis par les séries les plus longues, les plus délicates ou les plus récentes.

Valeurs attribuées aux parallaxes de diverses étoiles.

NOM DE L'ÉTOILE.	Magnitude.	Ascension droite. 1850,0	Déclinaison. 1850,0	Parallaxe.	Autorité.	DATE de la détermination.	MÉTHODE.
34 *Groombridge* . . .	8	0h 9m50s	+43° 10′,3	0″,307	Auwers.	1867	Or
η Cassiopeae	4	0 40 3	+57 1,1	0,154	O. Struve . . .	1856	Cm
μ Cassiopeae	5½	0 58 19	+54 40.9	0,342	O. Struve . . .	1856	Cm
α Ursae minoris . . .	2	1 5 1	+88 30,6	0,078	C. A. F. Peters,	184[illegible]	Da
—	»	»	»	0,067	»	1847	Aa
P. III, 422.	7,8	3 57 35	+37 40,6	-0,045	R S. Ball . . .	1881	Cm
α Aurigae.	1	5 5 37	+45 50,4	0,046	C. A. F. Peters.	1846	Da
—	»	»	»	0,305	O. Struve . . .	1856	Cm
α Canis majoris . . .	1	6 38 32	—16 30,8	0,193	Gyldén. . . .	1864	Da
—	»	»	»	0,273	Abbe	1868	Da
α Geminorum. . . .	1½	7 25 1	+38 12,7	0,198	M. J. Johnson.	1856	Cm
α Canis minoris . . .	1	7 31 27	+ 5 36,3	0,123	Auwers	1873	Cm
ι Ursae majoris. . . .	3½	8 48 55	+48 37.6	0,133	C A. F. Peters.	1846	Da
1618 *Groombridge* . .	6½	10 2 15	+50 13,0	0,334	R. S. Ball . . .	1881	Cm
β Ursae majoris . . .	2	10 52 45	+57 11,1	0,010	Klinkerfues . .	1873	DR
21 185 *Lalande*. . . .	7	10 53 10	+36 57,9	0,501	Winnecke . . .	1872	Cm
21 258 *Lalande*. . . .	8½	10 58 8	+44 17,7	0,262	Auwers.	1863	Cm
—	»	»	»	0.260	Kruger.	1864	Cm
ζ Ursae majoris . . .	4	11 10 10	+32 22,4	0,043	Klinkerfues . .	1873	DR
11 677 *Oeltzen*	9½	11 12 0	+66 39,6	0,265	Geelmuyden. .	1880	Or
1830 *Groombridge* . .	6½	11 44 19	+38 47,7	0,182	Wichmann. . .	1848	Cm
—	»	»	»	0,034	O. Struve . . .	1850	Cm
—	»	»	»	0,141	C A. F. Peters.	1854	Cm
—	»	»	»	0,113	Brünnow. . .	1873	Cm
—	»	»	»	0,023	Auwers . . .	1874	Cm
γ Ursae majoris . . .	2	11 45 55	+54 31.7	0,016	Klinkerfues . .	1873	DR
δ Ursae majoris . . .	3	12 7 59	+57 52.0	0,024	Klinkerfues . .	1873	DR
ε Ursae majoris . . .	2½	12 47 25	+56 46,5	0,030	Klinkerfues . .	1873	DR
β Centauri	1	13 53 17	+59 38,7	0,470	Maclear	1852	Da
—	»	»	»	0,213	Moesta.	1868	Da

Valeurs attribuées aux parallaxes de diverses étoiles (suite).

NOM DE L'ÉTOILE.	Magnitude.	Ascension droite 1850,0	Déclinaison. 1850,0	Parallaxe.	Autorité.	DATE de la détermination.	MÉTHODE.
α Bootis.	1	14h 8m 49s	+19° 57′,9	0,127	C. A. F. Peters.	1846	Da
—	»	»	»	0,138	M. J. Johnson.	1856	Cm
α Centauri	1	14 29 28	— 60 12,6	0,919	Maclear	1851	Da
—	»	»	»	0,976	C. A. F. Peters.	1852	Da
—	»	»	»	0,88	Moesta	1868	Da
—	»	»	»	0,512	Elkin.	1880	Da
α Herculis.	3½	17 7 49	+14 33,9	0,061	Jacob.	1858	Da
17 415 *Oeltzen*	9	17 37 18	+68 28,6	0,243	Krueger . . .	1863	Cm
γ Draconis	2	17 53 8	+51 30,5	0,127	Gyldén.	1877	Cm
70 *p* Ophiuchi. . . .	4½	17 57 52	+ 2 32,4	0,162	Krueger	1863	Cm
α Lyrae	1	18 31 51	+38 38,8	0,261	F. Struve . . .	1840	Cm
—	»	»	»	0,154	Main	1865	Cm
—	»	»	»	0,131	Brünnow. . .	1873	Cm
δ Draconis.	5	19 32 38	+69 24,3	0,246	Brünnow. . . .	1873	Cm
α Aquilae	1	19 43 28	+ 8 28,5	0,978	T. G. Taylor. .	1834	Da
α Cygni	1	20 36 19	+44 44,8	−0,082	C. A. F. Peters	1846	Da
61 Cygni	5½	21 0 11	+30 0,9	0,348	Bessel	1840	Cm
—	»	»	»	0,349	C. A. F. Peters.	1846	Da
	»	»	»	0,384	Pogson.	1853	Cm
—	»	»	»	0,397	M. J. Johnson.	1854	Cm
—	»	»	»	0,523	Woldstedt . . .	1854	Cm
—	»	»		0,564	Auwers.	1863	Cm
—	»	»		0,468	R. S. Ball . . .	1878	Cm
3 077 *Bradley*. . . .	6	23 6 5	+56 20,5	0,069	Brünnow. . .	1873	Cm
85 Pegasi	6	23 54 21	+26 17,3	0,054	Brünnow. . . .	1873	Cm

Il est certain que, dans une acception générale, les étoiles les plus faibles ont aussi les moindres parallaxes. En considérant de grands nombres d'étoiles, on peut donc rattacher les parallaxes aux magnitudes. Voyez à cet égard le travail de

3022. **Gyldén, H.** Ueber die mittlere Parallaxe der Fixsterne erster Grösse. **Leipzig, Vjh, XII, 1877, 299.**

Pickering, en supposant aux étoiles l'éclat spécifique du Soleil, établit, de la manière suivante, la correspondance entre les parallaxes et les magnitudes (Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. XVI, 1881, p. 5) :

Parallaxe.	Magnitude.	Parallaxe.	Magnitude.
0",1	6,07	0",6	2,18
2	4,57	7	1,84
3	3,68	8	1,56
4	3,06	9	1,30
5	2,58	1,0	1,07

CHAPITRE XXVI.

GROUPEMENT DES ÉTOILES.

---

§ 332. DÉCOUVERTE DES ÉTOILES DOUBLES.

Ptolémée appliquait déjà l'épithète de double à ν Sagittarii (**Ptolemaeus, MCo, lib.** VIII, **cap. 1**), étoile composée de deux éléments, distants entre eux de 14′. Un certain nombre de « larges doubles » avaient été reconnues à l'œil nu. Il n'est pas sans intérêt de remarquer que ces étoiles servaient d'objets d'épreuve aux astronomes du XVII[e] siècle, comme plus tard nous verrons les doubles étroites servir, dans le même but, aux astronomes de notre temps. *Riccioli* rapporte, par exemple, que *Van den Hove* [*Hortensius*] indiquait dans ce but deux couples, l'un dans le Capricorne ayant 5′ ou 5½′ de distance entre les étoiles, l'autre dans les Hyades ayant 4½′ ou 5′ (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 425**).

Après l'invention du télescope, on fut longtemps sans apporter aux étoiles individuelles une attention suffisante, pour en remarquer les compagnons. En 1664, *Hooke,* tandis qu'il suivait la comète de cette année, ayant rencontré dans son instrument la double γ Arietis, regardait ce cas comme tout à fait extraordinaire. Il dit : « I took notice that it consisted of two small stars very near together; a like instance to which I have not else met with in all the heaven » (**London, PTr, 1665, 150**).

Quelques années plus tard, en 1678, *J. D. Cassini* ajouta deux autres cas analogues, ceux de β Scorpii et de α Geminorum (**Paris, His, I, 1733, 266**) *Bianchini* observa la double ζ Lyrae (*Bianchinus,* Observationes selectae astronomicae, fol., Veronae, 1737; p. 208). *La Condamine*, pendant son voyage au Pérou, reconnut aussi pour doubles α et ζ Crucis (**London, PTr, 1749, 139**). *Messier* trouva que γ Virginis est formée de deux étoiles (**Paris, H & M, 1775, 477**). Mais c'est seulement à *C. Mayer* de Mannheim, qu'on fut redevable de la première étude sérieuse sur les étoiles multiples. Voyez

3025. **Mayer, C.** Gründliche Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten; 8°, Mannheim, 1778.

Ses observations ne furent pas toutefois admises immédiatement. Mais elles trouvèrent d'habiles appuis dans

3024. **Fuss, N.** Réflexions sur les satellites des étoiles. **Petropolis, Act, 1780, II, his, 16;**

et dans

3025. **Bode, J. E.** Ueber die von H. Mayer in Mannheim gemachten Beobachtungen von Fixsternentrabanten. **BaJ, 1781, 132.**

N. Pigott commença alors un examen spécial des étoiles, dans le dessein de rechercher celles qui sont doubles (**London, PTr, 1781, 84**). *W. Herschel* donna à cet examen une exécution systématique (**ibid., 1782, 112**).

Il y a une notice historique de

3026. **Engelmann, R.** Geschichte der Doppelsternastronomie; dans ses Messungen von neunzig Doppelsternen, 8°, Leipzig, 1865; p. 1.

Voyez aussi :

3027. **Meyer, W.** Geschichte der Doppelsterne. **Zurich, Vjh, XIX, 1874, 331.** — Reproduit : **Wolf, Mth, IV, 1876, n° xxxvii, 393.**

Nous indiquerons ici les notices générales ou de vulgarisation, dans lesquelles on peut prendre une première idée de la branche de la science qui a pour objet les étoiles multiples.

3028. **Arago, F.** Sur les étoiles multiples. **Paris, ABL, 1834, 241.** — Reproduit : **Arago, Ape, I, 1854, 447.**

3029. **Littrow, J. J.** Die Doppelsterne; 8°, Wien, 1835.

3030. **Mädler, J. H.** Die Doppelsterne. Jahrbuch herausgegeben von *H. C. Schumacher*, 8°, Stuttgart & Tübingen; année 1839, p. 57.

3031. **Schubert, F. T.** Doppelsterne. Dans ses Vermischte Schriften, neue Folge, 3 vol. 8°, Leipzig; vol. III, 1840, p. 93.

3032. **Smyth, W. H.** The compound stars. Dans son Cycle of celestial objects, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1844, p. 285.

Knobel a donné une bibliographie sommaire des mémoires ou notices relatifs aux étoiles doubles :

3033. Knobel, E. B. Double stars. **London, MNt, XXXVI, 1876, 367.**

Sur l'emploi de ces étoiles comme objets d'épreuve pour les télescopes, on verra :

3034. Herschel, J_1. List of test objects, principally double stars. **London, MAS, VIII, 1835, 25.**

On trouvera, sur le même sujet, une lettre de *Challis,* dans **SMr, I, 1847, 103.**

§ 333. CATALOGUES D'ÉTOILES MULTIPLES.

Un certain nombre de catalogues destinés à donner les positions au ciel des étoiles multiples, sont compris dans le travail déjà cité de *Knobel* sur les catalogues d'étoiles (§ 311, nº 2938). Nous allons donner rapidement la liste des catalogues d'étoiles multiples qui ont une certaine importance.

1779. C. Mayer, De novis in coelo sidereo phaenomenis ; 4º, Manheimii, 1779. — 72 étoiles doubles, avec les différences d'ascension droite et de déclinaison entre les composantes. — C'est dans ce travail que se trouve introduit le mot « comes », compagnon, pour désigner, dans une double, l'étoile la plus faible des deux.

1781. Bode, Verzeichniss aller bis her entdeckten Doppelsterne ; dans **BaJ, 1784, 183.**

1782. W. Herschel, Catalogue of double stars; dans **London, PTr, 1782, 112.** — 269 étoiles doubles.

1785. W. Herschel, Catalogue of double stars; dans **London, PTr, 1785, 40.** — 434 étoiles.

1822. South, Observations on the best mode of examining the double or compound stars; dans **London, MAS, I, 109.** — 460 étoiles.

1822. W. Herschel, On the places of new double stars; dans **London, MAS, I, 166.** — 145 doubles nouvelles.

1822. F. Struve, Catalogus stellarum duplicium; dans **Dorpatum, Obs, III, introd., XV.** — 795 étoiles.

1826. South, A catalogue of double and triple stars; dans **London, PTr, 1826, 1.** — 838 doubles et triples.

1826. J_1. Herschel, Account of observations made with a 20-feet telescope; dans **London, MAS, II, 475.** — 1er catal., 321 étoiles multiples nouvelles.

1827. F. Struve, Catalogus novus stellarum duplicium et multiplicium, maxima ex parte in Specula Dorpatense detectarum; fol., Dorpati. — 3 063 étoiles.

1829. J_1. Herschel, Places and description of new double stars; dans **London, MAS, III, 47.** — 2e catal., 295 étoiles multiples nouvelles.

1829. J_1. Herschel, Observations with a 20-feet reflector, 3rd series; dans **London, MAS, III, 177.** — 3e catal., 384 multiples nouvelles.

1829. Dunlop, Approximate places of double stars in the southern hemisphere; dans **London, MAS, III, 257.** — 253 multiples australes.

1831. J_1. Herschel, Fourth series of observations with a 20-feet reflector; dans **London, MAS, IV, 331.** — 4e catal., 1 236 multiples, la plupart nouvelles.

1833. J_1. Herschel, Fifth catalogue of double stars observed at Slough; dans **London, MAS, VI, 1.** — 5e catal., 2 007 multiples dont 1 304 nouvelles.

1836. J_1. Herschel, Sixth catalogue of double stars; dans **London, MAS, IX, 193.** — 6e catal., 286 multiples dont 105 nouvelles.

1843. F. Struve, Catalogue d'étoiles doubles et multiples découvertes sur l'hémisphère céleste boréal par la grande lunette de Poulkova; fol., St. Pétersbourg. — 514 multiples nouvelles et 256 larges doubles. Une édition revue et corrigée de ce catalogue, en ce qui concerne les 514 multiples étroites, a été donnée, en 1853, par *O. Struve,* dans **St. Pétersbourg, MSm_2, VII, I, 386** et Recueil de mémoires présentés par les astronomes de Poulkova, 4°, St. Pétersbourg; vol. I, p. 294.

1849. Jacob, Catalogue of double stars deduced from observations made at Poona; dans **London, MAS, XVII, 79.** — 244 multiples australes.

1852. F. Struve, Stellarum fixarum imprimis duplicium et multiplicium positiones mediae; fol., Petropoli. — 2 874 étoiles.

1854. Jacob, Catalogue of double stars; dans Astronomical observations made at Madras, 1848-1852, 4°, Madras; append. — 106 étoiles.

1857-1860. A. Clark, New double stars; dans **London, MNt, XVII, 1857, 257; XX, 1860, 55.** — En tout 20 [12 + 8] étoiles.

1871. J_1. Herschel, Seventh catalogue of double stars observed at Slough; dans **London, MAS, XXXVIII, 1.** — 7e catal., 368 multiples dont 84 nouvelles.

1871. Gilliss publié par *Sands,* Catalogue of double stars observed at Santiago; dans **Washington, Obs_2, 1868, app. I, 63.** — 290 multiples australes.

1873-78. Burnham, Catalogues of [new] double stars; dans **London, MNt, XXXIII, 1873, 351, 437; XXXIV, 1874, 59, 382; XXXV, 1875, 31; XXXVIII, 1878, 79.** — 482 multiples nouvellement découvertes.

1876. Howe, Catalogue of new double stars discovered with the 11-inch refractor; dans Publications of the Cincinnati Observatory, 8°, Cincinnati; n° I. — 50 doubles nouvelles.

1881. Holden, List of new double stars; dans Contributions from the Washburn Observatory of the University of Wisconsin, 4°, Madison, 1881; p. 2. — 28 doubles nouvelles.

On trouvera, en outre, un catalogue d'étoiles doubles rouges, par *Burnham*, dans London, MNt, XXXVI, 1876, 332. Ce catalogue renseigne 102 étoiles.

Au moment de sa mort, *J_1. Herschel* venait d'achever un catalogue général de toutes les étoiles doubles et multiples connues jusqu'en 1872. Ce répertoire extrêmement utile ne contient pas cependant les références des mesures micrométriques. Il a pour titre :

3035. **Herschel, J_1.** A catalogue of 10 300 multiple and double stars arranged in the order of right ascension. **London. MAS, XL, 1874, 1.**

L'impression a été faite par les soins de *Main* et *Pritchard.*

Indépendamment des catalogues proprement dits, on pourra se servir de quelques ouvrages qui décrivent, d'une manière plus au moins sommaire, les objets les plus intéressants du ciel étoilé.

Nous citerons, entre autres :

3036. **Burritt, E.** The geography of the heavens; 2 vol. 18°, et atlas 4°, New York, 1830 (?) — Nombreuses éditions successives, la 10e en 1843; une dernière « revised and corrected by *O. M. Mitchel,* » 8°, New York, 1849. Celle-ci a été réimprimée à Londres, la même année, avec une introduction par *T. Dick.*

Cet ouvrage contient, entre autres, des détails sur les groupes les plus intéressants d'étoiles multiples.

3037. **Jahn, G. A.** Verzeichniss interessanter Doppelsterne. **Unt, I, 1847, 182 ...**

Les étoiles doubles y sont rangées dans l'ordre des dates annuelles où elles culminent à minuit.

3038. **Webb, T. W.** Celestial objects for common telescopes, 16°, London, 1859; 2e édit, 1868; 3e édit., 1877; 4e édit., 1881.

3039. **Gore, J. E.** Southern stellar objects between the equator and 55° South declination; 8°, Calcutta, 1870. — Réimprimé 1877.

3040. **Crossley, E., Gledhill, J. & Wilson, J. M.** A handbook of double stars, for the use of amateurs; 8°, London, 1879.

3041. **Klein, H. J.** Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, astronomische Objecte für gewöhnliche Telescope; 8°, Braunschweig, 1880.

3042. **Flammarion, C.** Les étoiles et les curiosités du ciel, supplément à l'Astronomie populaire; 8°, Paris, 1882.

§ 334. MOUVEMENTS ET MESURES MICROMÉTRIQUES.

Michell annonça dès 1784 (**London, PTr, 1784, 56**) qu'on trouverait, aux composantes des étoiles multiples, des mouvements de circulation des unes autour des autres.

En revenant, en 1803, sur ses observations antérieures, *W. Herschel* constata, en effet, des déplacements, dans les compagnons d'un assez grand nombre d'étoiles doubles (**London, PTr, 1803, 339**). Il reconnut en particulier le changement progressif de l'angle de position dans α Geminorum, γ Leonis, ε Arietis, ζ Herculis, δ Serpentis, γ Virginis (**ibid., p. 365, 372, 377, 382**).

Pour mieux définir les positions relatives des éléments des groupes, *W. Herschel* imagina de substituer, aux différences d'ascension droite et de déclinaison, dont on se servait jusque-là, les angles de position et les distances (**London, PTr, 1782, 112**).

L'historique de la découverte des mouvements de circulation dans les étoiles doubles, a fait l'objet d'une notice de

3043. **Mitchel, O. M.** Orbitual motions of the double stars. **SMr, I, 1847, 25.**

Deux précautions sont particulièrement nécessaires, dans les mesures micrométriques des étoiles doubles. Il faut tenir compte des différences de réfraction. On peut consulter sur ce point :

3044. **Ball, R. S.** On a simple approximate method of calculating the effect of refraction upon the distance and position-angle of two adjacent stars. **London, MNt, XLI, 1881, 445.**

Il faut ensuite corriger pour les équations personnelles, lesquelles varient suivant l'inclinaison sous laquelle on opère la mesure. Voyez à ce sujet :

3045. Struve, O. Résultats d'observations faites sur des étoiles doubles artificielles. St. Pétersbourg, Bul_2, XIII, 1855, 33; XVII, 1859, 225. — Reproduit dans les Mélanges mathématiques tirés du Bulletin, 8°, St. Pétersbourg; vol. II, 1858, p. 102, 579.

Il y a un supplément dans St. Pétersbourg, Bul_3, XII, 1868, 73. — Reproduit également dans les Mélanges, vol. IV, 1870, p. 173.

Les premiers catalogues de *W. Herschel,* cités au § précédent, et insérés dans London, PTr, 1782, 112 et 1785, 40, ne contiennent encore que des distances et des angles de position approchés. C'est en 1803 que parut la première série de mesures micrométriques proprement dites. Voici l'énumération des mémoires et des notes dans lesquels on trouvera de semblables mesures :

1803. W. Herschel, dans London, PTr, 1803, 339. — Première série de mesures micrométriques proprement dites.

1804. W. Herschel, dans London, PTr, 1804, 353. — Seconde série.

1820-1825. F. Struve, dans Dorpatum, Obs, II, 275; III, 132; IV, 175. — Résumé à la suite de ses Mensurae micrometricae; voir 1837.

1822. W. Herschel, dans London, MAS, I, 166. — Dans son catalogue de 145 doubles nouvelles, cité au § précédent.

1823. Amici, dans Cas, VIII, 73, 216. — Des distances seulement.

1824. J_1. Herschel & South, formant London, PTr, 1824, part. III.

1826. South, dans London, PTr, 1826, 1.

1829. Dunlop, dans London, MAS, III, 257. — Dans son catalogue de doubles australes déjà cité.

1831. Labaume, dans London, MAS, IV, 165. — Les différences d'ascension droite et de déclinaison prises des observations méridiennes de *M. J. J. de Lalande.*

1833. J_1. Herschel, dans London, MAS, V, 13. — Première série de mesures micrométriques.

1833. Dawes, dans London, MAS, V, 135, 139. — Quelques étoiles seulement; ce sont les premières mesures de cet observateur.

1833. Bessel, dans Berlin, Abh, Math., 1833, 57.

1835. J_1. HERSCHEL, dans **London, MAS, VIII, 37.** — Deuxième série.

1835. DAWES, dans **London, MAS, VIII, 61.** — Sa première série.

1835-1837. MÄDLER, dans **ANn, XII, 1835, 265; XIII, 1836, 183, 247; XIV, 1837, 183.**

1837. F. STRUVE, Stellarum duplicium et multiplicium mensurae micrometricae; fol., Petropoli. — C'est l'œuvre capitale de l'auteur, contenant les mesures de 3 134 multiples. Il faut y joindre Additamentum in mensuras micrometricas, inséré dans **St. Pétersbourg, MSm_2, IV, 1841, 337.** *Copeland* a donné un index pour ces mesures, dans Dun Echt Observatory publications, 4°, Aberdeen; vol. I, 1876.

1840-1848. ENCKE & GALLE, dans **Berlin, Beo, I, 1840, 141; III, 1848, 234.**

1841. KAISER, dans **ANn, XVIII, 1.**

1841-1856. MÄDLER, dans **Dorpat, Beo, IX-XV,** *passim.*

1842. SANTARELLI, dans **Roma, Oss, 1842.**

1844-1860. W. H. SMYTH, A cycle of celestial objects; 2 vol. 8°, London, 1844. — Les mesures d'étoiles doubles sont dans le vol. II. Il y a une continuation dans son Speculum Hartwellianum, the cycle of celestial objects continued at the Hartwell Observatory, 4°, London, 1860; p. 208.

1847. J_1. HERSCHEL, dans ses Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London; p. 171-276. — Mesures micrométriques de 2 520 multiples du ciel austral.

1851. DAWES, dans **London, MAS, XIX, 191.** — C'est sa seconde série.

1852. HIND, dans *Bishop,* Astronomical observations taken at the Observatory, South Villa, Regent's Park; 4°, London.

1854. FLETCHER, dans **London, MAS, XXII, 167.**

1854. JACOB, dans Astronomical observations made at Madras, 1848-1852, 4°, Madras; p. 58. — Étoiles australes.

1856-1878. DEMBOWSKI, dans un grand nombre de numéros des **ANn, XLII — XCII.** — Il est à espérer que ces mesures, aujourd'hui éparses, seront bientôt réunies et coordonnées, dans une publication spéciale.

1857. POWELL, dans **London, MAS, XXV, 55.**

1860-1861. SECCHI, dans **Roma, Att, XIII, 8; XIV, 1.** — Première série du Collége romain.

1860. JACOB, dans **London, MAS, XXVIII, 13.** — Étoiles australes.

1861. WROTTESLEY, dans **London, MAS, XXIX, 85.**

1862-1877. MAIN, dans **Oxford, Res**, XX-XXXVI. — Observations en petit nombre.

1864. POWELL, dans **London, MAS**, XXXII, 75.

1865-1868. ENGELMANN, dans **ANn**, LXIV, 1865, 81; LXX, 1868, 257.

1865. KAISER, dans **ANn**, LXIV, 97. — Comparez **Leiden, ASt**, XIII, 1872, 179.

1867. DAWES, dans **London, MAS**, XXXV, 164. — Sa troisième série.

1869. SECCHI, dans **Roma, Att**, XXI, 159. — Seconde série du Collége romain.

1869. WINNECKE, dans **Königsberg, Beo, Ergänz.-Hft**, 98.

1870-1873. BARCLAY, dans Astronomical observations taken at Leyton, 4°, London; vol. II, p. 1 et vol. (part) III, p. 1.

1875. FERRARI, dans **Roma, Att**, XXVIII, 207. — Troisième série du Collége romain.

1875. NOBILE, dans **Napoli**, Ren_3, 1875, 9.

1875-1877. J. M. WILSON & SEABBOKE, dans **London, MAS**, XLII, 1875, 61; XLIII, 1877, 105.

1875. GLEDHILL, dans **London, MAS**, XLII, 101.

1876. O. M. MITCHEL publié par *O. Stone*, dans Publications of the Cincinnati Observatory, 8°, Cincinnati; N° II.

1876. O. STONE, dans Publications of the Cincinnati Observatory, N° III.

1876. DUNÉR, Mesures micrométriques d'étoiles doubles; 4°, Lund.

1877. KNOTT, dans **London, MAS**, XLIII, 75.

1878. PRITCHARD, dans Astronomical observations made at the University Observatory, Oxford, 8°, Oxford; N° I.

1878-1879. DOBERCK, dans **ANn**, XCII, 1878, 209; XCIV, 1879, 145.

1879. SCHUR, dans **ANn**, XCIV, 353, 369.

1879. BURNHAM, dans AJS_3, XVII, 283.

1879. GOLDNEY, dans **ANn**, XCV, 1.

1880-1881. JEDRZJWICZ, dans **ANn**, XCVII, 1880, 313; XCVIII, 1881, 1...; XCIX, 1881, 163.

1881. A. HALL, Observations of double stars made at the United States Naval Observatory; 4°, Washington. — Mesures micrométriques des années 1875-1880.

1882. O. STONE, dans Publications of the Cincinnati Observatory, 8°, Cincinnati, N° VI.

Les recherches dans ces nombreuses séries de mesure sont longues et pénibles. Aussi a-t-on songé à les abréger, en formant des tableaux synoptiques. On peut citer à ce titre :

3046. Dien, C. Tables donnant les mesures micrométriques de plus de 500 étoiles doubles et multiples observées à Dorpat par W. Struve, et classées par constellations; 4°, Paris, 1843.

3047. Herschel, J. F. W. A synopsis of all sir W. Herschel's micrometrical measurements of the double stars, together with a catalogue of those stars for the epoch 1880,0. **London, MAS, XXXV, 1867, 21.**

Les angles de position de *W. Herschel* y sont réduits à la numération continue de 0° à 360°, adoptée aujourd'hui.

3048. Brothers, A. Catalogue of binary stars, with introductory remarks. Memoirs of the literary and philosophical Society of Manchester, 8°, Manchester; vol. XXIII, 1868, p. 204. — Résumé des mesures de 155 groupes binaires les plus intéressants.

3049. Flammarion, C. Astronomie sidérale, catalogue des étoiles doubles et multiples en mouvement relatif certain, comprenant toutes les observations faites sur chaque couple depuis sa découverte, et les résultats conclus de l'étude des mouvements; 8°, Paris, 1878.

3050. Struve, O. Mesures micrométriques corrigées des étoiles doubles. Observations de Poulkova, 9 vol. 4°, St. Pétersbourg; vol. IX, 1879, suppl.

§ 335. MÉTHODES POUR CALCULER LES ORBITES DES ÉTOILES DOUBLES.

Des mouvements relatifs de circulation dont nous avons parlé au § précédent, on pouvait conclure la dépendance physique des éléments d'un même groupe. *Michell* avait fait remarquer combien est faible la probabilité que les composantes d'une étoile multiple paraissent, par l'effet du hasard, dans le rapprochement angulaire où nous les voyons (**London, PTr, 1767, 238, 249**). *Bessel* apporta un argument direct en faveur de ce lien physique, lorsqu'il aperçut que souvent les deux membres du groupe ont un mouvement propre commun (*Bessel,* Fundamenta astronomiae, fol., Regiomonti; p. 311).

Pour pousser plus loin la démonstration, il fallait calculer les mouvements relatifs des composantes l'une autour de l'autre, et s'assurer qu'ils étaient conformes à la théorie.

Ces calculs font aujourd'hui l'objet d'un assez grand nombre de méthodes, que nous allons citer :

5051. **Savary, F.** Sur la détermination des orbites que décrivent autour de leur centre de gravité deux étoiles très rapprochées l'une de l'autre. **CdT, 1830, 56.**

Comme annexe à ce mémoire, se trouve la détermination de l'orbite de ξ Ursae majoris. Par ce premier calcul, *Savary* fit voir (**CdT, 1830, 163**) que les lois de la gravitation s'appliquent non seulement au système solaire, mais aussi aux systèmes formés par les étoiles multiples.

5052. **Encke, J. F.** Ueber die Berechnung der Bahnen der Doppelsterne. **BaJ, 1832, 253.** — Reproduit : **PMg$_2$, IX, 1831, 178...; X, 1831, 279; XI, 1832, 41....**

5053. **Herschel, J. F. W.** On the investigation of the orbits of revolving double stars. **London, MAS, V, 1833, 171.**

Méthode graphique.

5054. **Villarceau, Y.** Méthode pour le calcul des orbites des étoiles doubles déduite de considérations géométriques. **Paris, Crh, XXXIV, 1852, 349.**

L'auteur trace d'abord par points l'orbite apparente.

5055. **Jacob, W. S.** On the computation of double stars orbits. **London, MNt, XV, 1855, 205.**

5056. **Klinkerfues, E. F. W.** Ueber eine neue Method die Bahnen der Doppelsterne zu berechnen; 4°, Göttingen, 1855. — Comparez : **ANn, XLVII, 1858, 353.**

5057. **Thiele, T. N.** Undersögelse af Umlöbsbevagelsen i doppelstjernes-systemet « gamma virginis » udförd titdels efter nye methoder. 8°, Kjöbenhavn, 1866. — Comparez : **ANn, LII, 1860, 39,** et Copernicus, an international journal of Astronomy, 4°, Dublin; vol. II, 1882, p. 25.

5058. **Vinogradsky, V. N.** De la détermination des orbites des étoiles doubles [en russe]. Outscheniya zapiski kazanskago ouniversiteta, 4°, Kazani; année 1872, p. 117.

5059. **Gasparis, A. de.** Sulla determinazione delle orbite delle stelle doppie. **Napoli, Att$_2$, V, 1873, n° 11.** — Comparez : **Napoli, Att$_2$, II, 1865, n° 10 et Roma, Tra, V, 1881, 133.**

3060. **Wilson, J. M.** A geometrical investigation of the orbit of a double star. **London, MNt, XXXIII, 1873, 375.**

3061. **Flammarion, C.** Méthode nouvelle pour déterminer les orbites d'étoiles doubles. Dans ses Études et lectures sur l'astronomie, 8 vol. 12°, Paris; vol. VI, 1875, p. 148.

3062. **Kononovitch, A.** Méthode pour calculer les orbites des étoiles doubles [en russe]. Zapiski novorossiyskago ouniversiteta, 8°, Odessa; vol. XVIII, 1876, p. 57; vol. XIX, 1877, p. 1.

3063. **Doberck, A. W.** Binary stars. **Obs, II, 1879, 110....**

Cet article est divisé en quatre, dans le volume. Les deux premières parties contiennent l'exposition de la méthode; les deux autres sont des applications.

Il y a un examen des principales méthodes dans **Bma$_1$, XI, 1876, 114.**

Mädler a donné les formules propres à la correction des éléments approchés des orbites des étoiles doubles, en y faisant concourir un nombre quelconque d'observations **(ANn, XVI, 1839, 36).**

On verra aussi sur le même sujet :

3064. **Herschel, J. F. W.** On the determination of the most probable orbit of a binary star from the assemblage of a great number of observed angles of position. **London, MAS, XVIII, 1850, 47.**

L'effet de l'équation d'aberration, dans les étoiles doubles, ayant été l'objet de quelque controverse, *Villarceau* en a donné une théorie complète :

3065. **Villarceau, Y.** Théorie analytique des inégalités de lumière des étoiles doubles. **CdT, 1878, 68.**

§ 336. ÉLÉMENTS D'ÉTOILES DOUBLES.

Indépendamment des orbites calculées dont on verra le tableau tout à l'heure, on connaît un grand nombre d'autres systèmes, dans lesquels des déplacements relatifs, plus ou moins considérables, se sont nettement prononcés. Consultez

3066. **Mädler, J. H.** Ueber die Bahn-Bewegungen der Doppelsterne. **Dorpat, Beo, IX, 1842, 80; X, 1843, 83; XII, 1850, 63.**

Voyez également l'ouvrage de *Flammarion* cité plus haut sous le n° 3049.

Lorsque la parallaxe des systèmes est connue, on peut déduire la masse de ces systèmes, des éléments de l'orbite relative. On trouve ainsi, en prenant la masse du système solaire pour unité :

η Cassiopeae	4,6
α Centauri	2,2
70p Ophiuchi	3,1

Pour α Canis majoris, dont les positions absolues ont été déterminées avec précision, on a l'orbite rapportée au centre de gravité commun des deux éléments, et par suite les masses individuelles de ces éléments eux-mêmes. Avec la parallaxe de *Gyldén*, celles-ci seraient respectivement 13,8 et 6,7 de la masse du Soleil.

Mädler ayant soumis à l'examen, en 1838, 51 groupes physiques, a conclu de la situation et de la figure des orbites apparentes, qu'il existe un équateur stellaire, auquel les plans de révolution des étoiles doubles sont généralement à peu près parallèles, et dont le pôle boréal a pour coordonnées (**Paris, Crh, VI, 920**) :

Ascension droite = 73° Declinaison = + 52°

Voici le tableau des éléments calculés.

Nous choisissons, pour chaque système, les éléments qui reposent sur le plus grand arc parcouru.

Le signe +, placé devant la durée de la révolution, signifie que les angles de position vont en augmentant et que, par suite, le mouvement apparent est direct, tandis que le signe — désigne un mouvement rétrograde et des angles de position qui décroissent.

On pourrait ajouter à notre liste α Canis minoris, d'après les variations des coordonnées absolues, car le satellite n'a pas encore été découvert. *Auwers* trouve que les mouvements de cette étoile peuvent être représentés par un cercle de 0".980 5 de rayon, qui serait parcouru, dans le sens direct, en 39^{ans},866. Le point le plus septentrional de ce cercle aurait été atteint en 1845,439 (**London, MNt, XXXIV, 1874, 26**).

Le groupe ζ Cancri est triple. Le tableau donne les éléments du compagnon le plus proche. *O. Struve* signale (**Paris, Crh, LXXIX, 1874, 1463**), dans les mouvements du compagnon le plus éloigné, des rebroussements, que *Seeliger* (Ueber die Bewegungverhältnisse in dem dreifachen Sternsystem ζ Cancri; 8°, Wien, 1881) explique par une circulation de ce compagnon autour d'un astre obscur.

Éléments attribués aux orbites

NOM DE L'ÉTOILE.	Magnitudes des composantes.	Ascension droite 1850,0.	Déclinaison 1850,0.	Inclinaison.	Longitude du nœud ascendant et (équinoxe).
η Cassiopeae	4 + 7½	0h40m 3s	+57° 1',1	48°18'	33°20' (1850,0)
36 Andromedae.	6 + 7	0 46 57	+22 48,9	41 39	57 54 (?)
6 *p* Eridani	7 + 7	1 34 7	−56 57,4	44 40	81 42 (?)
α Canis majoris	1 +12½	6 38 32	−16 30,8	58 37	45 27 (1869,0)
1037 *Struve*.	7 + 7	7 3 28	+27 28.5	68 17	156 58 (1845,0)
α Geminorum	2½+ 3½	7 25 1	+32 12,7	42 5	31 58 (1850.0)
ζ Cancri.	5 + 5½	8 3 36	+18 5,8	15 32	81 33 (?)
3121 *Struve*.	7½+ 8	9 8 58	+29 12,6	74 12	16 30 (?)
ω Leonis	6 + 7	9 20 25	+ 9 42,1	64 5	148 46 (?)
φ Ursae majoris	5 + ?	9 41 53	+54 45,7	57 57	105 18 (?)
γ Leonis	2 + 3½	10 11 42	+20 35,9	43 6	111 34 (?)
ξ Ursae majoris	4 + 5	11 10 10	+32 22,4	56 40	100 13 (?)
γ Virginis.	3 + 3	12 34 4	− 0 37,6	35 6	33 35 (?)
42 Comae Berenices	6 + 6	13 2 41	+18 19,5	90 0	10 30 (?)
1757 *Struve*.	8 + 9	13 26 38	+ 0 27,5	57 57	105 18 (?)
25 Canum venaticorum . . .	5½+ 7½	13 29 54	+37 3,6	51 30	82 0 (?)
1819 *Struve*.	8 + 8	14 8 0	+ 3 50,2	37 31	156 25 (1880,0)
α Centauri	1 + 4	14 29 28	−60 12,6	79 32	25 47 (?)
ξ Bootis.	4½+ 6½	14 44 28	+19 43,5	36 55	26 22 (?)
44 *i* Bootis.	5 + 6	14 58 51	+48 14,4	70 5	65 29 (?)
η Coronae borealis.	5 + 5½	15 17 1	+30 50,0	57 59	26 42 (?)
μ_2 Bootis	7 + 8	15 18 51	+37 52,5	35 12	166 7 (?)
298 *Otto Struve*	7 + 8	15 30 37	+40 19,0	56 10	14 38 (?)
γ Coronae borealis.	4 + 7	15 36 27	+26 46,5	85 12	110 24 (?)
51 (ξ) Librae	5 + 5	15 56 8	−10 57,3	68 42	12 15 (?)
σ Coronae borealis.	5 + 6	16 9 4	+34 14,5	31 56	16 27 (?)
λ Ophiuchi	4 + 6	16 23 21	+ 2 19,0	21 27	88 40 (?)
ζ Herculis.	5 + 5½	16 35 38	+31 52,7	43 14	41 44 (?)
μ_2 Herculis	9½+10½	17 40 34	+27 48,3	60 43	57 57 (?)
τ Ophiuchi	5 + 5½	17 54 55	− 8 10,5	46 8	67 1 (?)
70 *p* Ophiuchi	4 + 6	17 57 52	+ 2 32.4	58 5	127 23 (?)
γ Coronae australis	5½+ 5½	18 56 17	−37 16,4	68 38	49 9 (1880,0)
δ Cygni	3 + 8	19 40 17	+44 46,0	37 46	91 8 (?)
4 Aquarii	6 + 7	20 43 28	− 6 10,9	56 37	340 14 (?)
ζ Aquarii	4 + 4	22 21 6	− 0 47,1	44 42	140 51 (?)
3062 *Struve*.	7 + 8	23 58 25	+57 36,0	32 11	38 35 (?)

de différentes étoiles doubles.

Distance angulaire du nœud au périastron, sur l'orbite.	Excentricité.	Demi-grand axe.	Durée de la révolution, en années.	Époque du passage par le périastron.	Calculateur, et DATE DU CALCUL.
196° 7′	0,624 4	8″,639	+ 195,235	1901,95	Gruber, 1877.
142 19	0,633 7	1,54	+ 349,1	1798,80	Doberck, 1875.
327 15	0,378	3,82	— 117,51	1817,51	Doberck, 1877.
136 39	0,590 8	8,53	— 44	1889,44	Pritchard, 1882.
273 27	0,631 6	0,181 7	— 15,0	1827,72	Mädler, 1847.
294 1	0,343 82	7,537 5	— 996,85	1750,326	Thiele, 1860.
109 44	0,390 84	0,853	— 60,327	1866,022	Seeliger, 1881.
149 30	0,26	?	+ 37,03	1842,78	Doberck, 1877.
121 4	0,536 0	0,890	+ 110,82	1841,81	Doberck, 1877.
72 7	0,788	0,54	+ 115,4	1877,12	Casey, 1882.
195 22	0,732 7	1,98	+ 407,04	1741,00	Doberck, 1879.
125 0	0,415 90	2,580	— 60,80	1814,46	Pritchard, 1878.
283 44	0,895 75	3,97	— 185,01	1836,685	Thiele, 1881.
99 11	0,480	0,657	+ 25,71	1859,92	O. Struve & Dubjago. 1875.
72 7	0,788	0,54	+ 115,4	1877,12	Casey, 1882.
202 0	0,66	?	— 124,50	1862,98	Doberck, 1877.
348 56	0,305 2	1,46	— 340,1	1797,0	Casey, 1882.
54 47	0,526 0	17,50	+ 77,42	1875,97	Elkin, 1880.
117 46	0,708 1	4,86	— 127,35	1770,69	Doberck, 1877.
1 18	0,71	3,093	+ 261,12	1783,01	Doberck, 1875.
215 35	0,262 5	0,827	+ 41,576	1850,261	Dunér, 1871.
40 54	0,566 85	1,057	— 266,0	1862,55	Pritchard, 1878.
342 31	0,487 2	0,886	+ 68,802	1812,96	Doberck, 1879.
233 30	0,350	0,70	— 95,50	1843,70	Doberck, 1877.
89 16	0,076 8	1,26	+ 95,90	1859,62	Doberck, 1877.
73 51	0,751 5	5,885	+ 845,86	1826,93	Doberck, 1876.
151 0	0,493	1,19	+ 240,95	1800,5	Doberck, 1876.
252 45	0,462 7	1,284	— 34,411	1864,785	Doberck, 1881.
156 21	0,302 3	1,46	+ 54,25	1877,13	Doberck, 1880
36 26	0,605 5	1,193	+ 217,87	1818,50	Doberck, 1875.
151 55	0,467 18	4,790	— 94,44	1808,90	Pritchard, 1878.
255 24	0,698 9	2,400	— 55,582	1882,774	Schiaparelli, 1876.
203 2	0,285 83	2,310	— 415,115	1904,102	Behrmann, 1866.
235 0	0,461 3	0,717	— 129,84	1751,96	Doberck, 1880.
134 40	0,651 8	7,64	—1 578,83	1924,15	Doberck, 1875.
92 7	0,461 2	1,27	+ 104,415	1834,88	Doberck, 1877.

§ 337. CONDITION PHYSIQUE DES ÉTOILES MULTIPLES.

Mädler a établi, par des recherches statistiques, que dans les étoiles doubles, les compagnons sont d'autant moins brillants qu'ils sont plus éloignés de leurs principaux (**ANn, XVI, 1839, 55**). Suivant *F. Struve,* les plus grandes différences de couleur accompagneraient les plus grandes différences d'éclat (**Struvius, SMm, 1837, lxxxij**).

F. Struve dit aussi qu'il y a très-probablement des variables parmi les composantes de certains groupes multiples, et il énumère 23 étoiles qui lui paraissent dans ce cas (**ibid., p. lxxij**).

Un certain soin a été apporté à l'examen des couleurs des étoiles multiples. Il y a toutefois de grandes précautions à prendre pour les déterminer. On verra sur ce point une note de

3067. **Secchi, A.** [Des couleurs des étoiles doubles . . . et de l'influence du grossissement du télescope sur ces couleurs]. **ANn, XLI, 1855, 110.**

Doppler a présenté, le premier, la théorie des variations de couleur, par suite des mouvements relatifs de la Terre et de l'étoile :

3068 **Doppler, C.** Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels. **Prag, Abh$_3$, II, 1842, 465.** — Complété : **Wien, Stz, V, 1850, 154; VIII, 1852, 91.**

Dans ces derniers temps, *Holden* a examiné le rapport entre les couleurs et les magnitudes des étoiles doubles :

3069. **Holden, E. S.** Relation between colors and magnitudes of binary stars. **AJS$_3$, XIX, 1880, 467.**

On lira également, sur la relation de ces couleurs avec la position de l'astre dans son orbite relative, la note suivante de

3070. **Niesten, L.** Recherches sur les couleurs des étoiles doubles. **Bruxelles, Bul$_2$, XLVII, 1879, 50.**

Lardner s'est plu à décrire les conditions de lumière, dans une planète d'étoile double, c'est-à-dire à deux soleils. Il doit en résulter deux jours, inégaux de durée, d'éclat et de couleur. Ces deux illuminations peuvent empiéter en partie l'une sur

l'autre, et par suite, à mesure que l'un des soleils s'abaisse sur l'horizon et que l'autre s'élève et prend de la vigueur, la teinte résultante change, et la lumière passe, par exemple, par des nuances incessamment variables, du rouge au bleu ou du vert au jaune (*Lardner*, The museum of science and art, 12 vol. 8°, London; vol. VIII, 1855, p. 6).

§ 338. NÉBULEUSES : GÉNÉRALITÉS.

Aratus, au — III[e] siècle, mentionne l'amas nébuleux du Cancer connu sous le nom de Praesepe (*Aratus*, Phaenomena [G], v. 160). *Ptolémée* indique plusieurs de ces amas, qu'il désigne sous le nom d'étoiles nébuleuses (**Ptolemaeus, MCo, lib. VII, cap. 5**). *Al Soufi* parle de la nébuleuse d'Andromède, près de l'étoile ν de cette constellation (*Al Sûfi,* Description des étoiles fixes, traduction de *Schjellerup,* 4°, St. Pétersbourg, 1874; p. 26, 118). L'amas de Persée est dans le commentaire de *Hyde* (Tabulae longitudinum et latitudinum stellarum ex observatione Ulug-Beighi, 4°, Oxonii, 1665; comment., p. 20).

L'attention fut appelée plus particulièrement sur ces taches lumineuses par *S. Mayer* (Frankischer Kalender oder Practica, 4°, Nürnberg; année 1612). Dans cette notice, il les attribue à l'accumulation des petites étoiles, hypothèse qui n'avait été appliquée jusque-là qu'à la voie lactée. *J. Cassini* soutint cependant qu'il existe des taches nébuleuses irrésolubles (**Cassini, Elm, 1740, 78**). *La Caille* dit, un peu plus tard, qu'il en a rencontrées qui n'offrent pas de commencement de résolution (**Paris, H & M, 1755, 195**). Ces nuages étaient analogues, pour *Mairan* (Traité physique et historique de l'aurore boréale, 2[e] édit., 4°, Paris, 1754; p. 263), à des matières aériformes; il leur applique le nom d'atmosphères d'étoiles.

Messier établit nettement la distinction entre les amas et les nébuleuses proprement dites ou sans étoiles (**Paris, H & M. 1771, 435**). Mais ce fut *W. Herschel* qui la consacra définitivement (**London, PTr, 1786, 457**).

Lorsque la puissance des instruments augmenta, et que beaucoup de nébuleuses furent trouvées résolubles, on douta un instant s'il existait de véritables masses gazeuses. J_1. *Herschel* persista toutefois à penser que la lumière des taches blanches qu'on rencontre au ciel se présente sous deux aspects distincts, l'un indiquant des amas d'éléments disjoints, l'autre des masses continues (**London, PTr, 1833, 359**).

L'analyse spectrale paraît confirmer ses conclusions.

On peut indiquer, pour les nébuleuses, deux bibliographies, l'une sommaire, l'autre plus développée, savoir :

3071. **Knobel, E. B.** Nebulae and clusters. **London, MNt, XXXVI, 1876, 377.**

3072. **Holden, E. S.** Index catalogue of books and memoirs relating to nebulae and clusters. Formant le n° 311 des Smithsonian miscellaneous collections, 8°, Washington, 1877.

On trouvera, dans les ouvrages suivants, des notices générales sur les nébuleuses.

3073. **Littrow, J. J.** Sterngruppen und Nebelmassen; 8°, Wien, 1835.

3074. **Schubert, F. T.** Nebelflecken. Dans ses Vermischte Schriften, neue Folge, 3 vol. 8°, Leipzig; vol. III, 1840, p. 41.

3075. **Arago, F.** Nébuleuses. Paris, ABL, 1842, 413. — En anglais : The Edinburgh new philosophical journal, 8°, Edinburgh; vol. XXXIII, 1842, p. 307.

3076. **Smyth, W. A.** The nebulae. Dans son ouvrage : A cycle of celestial objects, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1844, p. 312.

3077. **Lardner, D.** The nebulae. Dans son Museum of science and art, 12 vol. 8°, London; vol. VIII, 1855, p. 16.

Avec de nombreux dessins.

3078. **Chambers, G. F.** Clusters and nebulae. Dans sa Descriptive astronomy, 8°, Oxford; édit. 1867, p. 568; 3[e] édit., 1877, p. 570.

§ 339. CATALOGUES DE NÉBULEUSES.

Il nous est impossible de séparer ici les amas des nébuleuses proprement dites, qui se trouvent confondus dans les catalogues que nous allons citer.

Les plus anciennes mentions isolées de nébuleuses ont été relevées par

3079. **Schultz, H.** Historische Notiz über Nebelflecke. ANn, LXVII, 1866, 1.

Mais en 1770, *Messier* commença une recherche systématique de ces objets célestes (Paris, H & M, 1771, 435), qui a ouvert la voie aux grands travaux de *W. Herschel* (voir ci-après) et de ses successeurs.

Voici la liste des catalogues les plus intéressants ou les plus importants d'amas et de nébuleuses propres :

1690. Hevelius, De nebulosis, dans son Prodromus astronomiae, fol., Gedani; reproduit par *Derham*, dans **London**, PTr, **1733**, **70**; et par *De Maupertuis*, Discours sur les différentes figures des astres; 2e édit., 8°, Paris, 1742, p. 106. — 16 numéros.

1715. [Halley], An account of several nebulae or lucid spots lately discovered by the telescope, dans **London**, **PTr**, **1715**, **390**. — 6 nébuleuses.

1755. La Caille, Sur les étoiles nébuleuses du ciel austral, dans **Paris**, **H & M**, **1755**, **194**. — 28 nébuleuses du ciel austral.

1771. Messier, Catalogue des nébuleuses et des amas d'étoiles sur l'horizon de Paris, dans **Paris**, **H & M**, **1771**, **435**; reproduit dans Sammlung astronomischer Tafeln der *Berliner Akademie*, 3 vol. 8°, Berlin; vol. I, 1776, p. 206. — Première liste, étendue plus tard.

1777. Bode, Neu entdeckten Nebelsterne, Verzeichniss der bekannten, dans **BaJ**, **1779**, **69**; **1784**, **182**. — 75 numéros du pôle nord à — 38° de décl.

1781-1782. Messier, Catalogue des nébuleuses et des amas d'étoiles, dans **CdT**, **1783**, **225**; **1784**, **254**. — 68 numéros dans le premier de ces volumes, reproduits avec l'addition de 35 autres dans le second.

1786. W. Herschel, Catalogue of one thousand new nebulae and clusters of stars, dans **London**, **PTr**, **1786**, **457**; reproduit dans **BaJ**, **1791**, **157**. — 1000 nébuleuses et amas nouveaux.

1789. W. Herschel, Catalogue of a second thousand of new nebulae and clusters, dans **London**, **PTr**, **1789**, **212**; reproduit dans **BaJ**, **1794**, **151**. — 1000 autres nébuleuses et amas nouveaux.

1802. W. Herschel, Catalogue of new nebulae and clusters of stars, dans **London**, **PTr**, **1802**, **477**; reproduit dans **BaJ**, **1807**, **129**. — 500 objets nouveaux.

1811. W. Herschel, Astronomical observations relating to the construction of the heavens, dans **London**, **PTr**, **1811**, **269**. — 52 nébuleuses très-étendues.

1814. W. Herschel, Astronomical observations relating to the sideral part of the heavens, and its connection with the nebulous part, dans **London**, **PTr**, **1814**, **248**. — 430 objets.

1828. Dunlop, A catalogue of nebulae and clusters of stars in the southern hemisphere, dans **London**, **PTr**, **1828**, **113**. — 629 nébuleuses et amas du ciel austral.

1833. J. Herschel, Observations of nebulae and clusters made at Slough with a 20-feet reflector, dans **London**, **PTr**, **1833**, **359**. — 2 307 nébuleuses observées par lui.

1847. J_1. Herschel, Reduced observations of nebulae and clusters of stars, dans Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London; p. 51. — 1 708 nébuleuses australes.

1853. Laugier, Nouveau catalogue de nébuleuses. dans Paris, Crh, XXXVII, 876. — Catalogue de 53 nébuleuses présentant pour la plupart un point central bien marqué.

1856. D'Arrest, Verzeichniss von Nebelflecken, dans ANn, XLII, 193. — 50 nébuleuses de Messier, au point de vue de la variabilité.

1857. D'Arrest, Resultate aus Beobachtungen der Nebelflecken und Sternhaufen, dans Leipzig, Abh, III, 293.

1862. Auwers, William Herschel's Verzeichnisse von Nebelflecken und Sternhaufen, dans Königsberg, Beo, XXXIV, 155.

1862. D'Arrest, Vorlaüfige Mittheilungen betreffend die Nebelflecken, dans ANn, LVII, 337; LVIII, 1. — Nébuleuses qui présentent des particularités, telles que la variabilité, la duplicité, le mouvement propre.

1862. Auwers, Verzeichniss der Oerter von Nebelflecken, dans ANn, LVIII, 369. — 40 nébuleuses.

1862-1875. Schoenfeld, Beobachtungen von Nebelflecken und Sternhaufen, formant les Astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte zu Mannheim; 4°, Karlsruhe, Abth. I, II. — 489 nébuleuses.

1864. J_1. Herschel, A general catalogue of nebulae and clusters of stars dans London, PTr, 1864, 1. — Ce catalogue contient les positions de 5 079 nébuleuses ou amas, réduites à 1860,0.

1865. D'Arrest, Zweite Verzeichniss von neuen Nebenflecken, dans ANn, LXIII, 177; LXV, 1. — 215 et 91 nébuleuses nouvelles.

1867. D'Arrest, Siderum nebulosorum observationes Havnienses; 4°, Havniae. — 1 942 nébuleuses.

1867. Lassell, A catalogue of new nebulae discovered at Malta, dans London, MAS, XXXVI, 53. — 600 nébuleuses qui ne figurent pas dans le catalogue général de John *Herschel*.

1867-1870. Vogel, Beobachtungen von Nebelflecken und Sternhaufen; 8°, Leipzig, 1867; 8°, Iéna, 1870.

1863. G. P. Bond, A list of new nebulae seen at the Observatory of Harvard College, 1847-1863; dans Proceedings of the American Academy of arts and sciences, 8°, Boston; vol. VI, p. 177.

1868. H. C. Vogel, Verzeichniss von Nebelflecken abgeleitet aus Beobachtungen auf der Leipziger Sternwarte, dans ANn, LXX, 161. — 100 nébuleuses.

1868. J. Schmidt, Mittlere Oerter von 110 Nebeln, dans ANn, LXX, 343.

1872-1880. Stephan, Nébuleuses découvertes et observées à l'Observatoire de Marseille, dans Paris, Crh, LXXIV, 1872, 444; LXXVI, 1873, 1073; LXXVII, 1873, 1364; LXXVIII, 1874, 315; LXXXIII, 1876, 328; LXXXIV, 1877, 641, 705; LXXXVII, 1878, 869; XC, 1880, 837. — Comparez : London, MNt, XXXII, 1872, 23; XXXIII, 1873, 433; XXXIV, 1874, 75; XXXVII, 1877, 334.

1876. H. C. Vogel, Positionsbestimmungen von Nebelflecken und Sternhaufen, dans Beobachtungen auf der Sternwarte zu Leipzig, 4°, Leipzig ; vol. I. — Détermination des nébuleuses comprises entre + 9°30′ et + 15°30′ de déclinaison.

1878-1881. Tempel, Einige neue Nebel, dans ANn, XCIII, 1878, 55; XCVIII, 1881, 303. — 56 et 14 numéros.

1879. Dreyer, A supplement to sir John Herschel's general catalogue of nebulae and clusters of stars, dans Dublin, Tra_1, XXVI, 381. — 1172 numéros.

1881. Holden, List of new nebulae, dans Contributions from the Washburn Observatory of the University of Wisconsin, 4°, Madison; p. 1. — 29 numéros.

Il peut être commode de consulter les tables de nébuleuses préparées, par heures d'ascension droite, dans le recueil ARr. On les trouve aux volumes et pages de cette revue ci-dessous désignés; nous mettons le chiffre de l'heure en caractères romains, entre crochets :

Vol. I, 1863, p. 62 [x], 77 [xii], 90 [xiv], 128 [xviii], 145 [xx], 157 [xxii], 176 [o], 198 [ii]. — Vol. II, 1864, p. 22 [iv], 46 [v], 69 [vii & viii], 93 [ix], 105 [xi], 176 [xiii], 176 [xv & xvi], 200 [xvii], 226 [xix], 246 [xxi], 275 [xxiii], 306 [i]. — Vol. III, 1865, p. 26 [iii].

Nous pouvons aussi indiquer, comme source facile et élémentaire de renseignements, les descriptions qui ont paru, en nombreux fragments, dans la revue Sir, XIV, 1881, 16 . . . , sous le titre : Die wichtigeren und interessanten Sternhaufen und Nebelflecke.

Voici les principaux articles à consulter sur la distribution des nébuleuses, tant résolubles qu'irrésolubles :

3080. Herschel, W. . . . Introductory remarks on the construction of the heavens. London, PTr, 1789, 212.

3081. **Bode, J. E.** Observations sur la distribution des nébuleuses et des groupes d'étoiles dans le firmament. **Berlin, Mém$_2$, 1794-95, Math, 179.**

3082. **Secchi, A.** Notes on the nebula of Orion and other astronomical subjects. **London, MNt, XVIII, 1858, 8.**

3083. **Abbe, C.** On the distribution of the nebulae in space. **London, MNt, XXVII, 1867, 257.**

3084. **Proctor, R. A.** Distribution of the nebulae. **London, MNt, XXIX, 1869, 337.**

Accompagné de cartes.

3085. **Waters, S.** Note on the distribution of resolvable and irresolvable nebulae. **London, MNt, XXXIII, 1873, 406.**

Voyez, en outre, la carte, même volume, p. 558.

§ 340. NÉBULEUSES : DESCRIPTIONS ET PARTICULARITÉS.

La plupart des catalogues cités au § précédent contiennent des descriptions plus ou moins sommaires des différentes nébuleuses qu'ils mentionnent. Nous allons nous occuper ici de descriptions plus détaillées, la plupart accompagnées de dessins.

Les descriptions d'amas d'étoiles qui ont été faites sous la forme de catalogues, figurent dans la liste générale des catalogues d'étoiles de *Knobel* (§ 311, n° 2938). Une liste complète des dessins de nébuleuses et des photographies d'amas, jusqu'en 1877, se trouve dans l'ouvrage bibliographique de *Holden,* cité plus haut (§ 338, n° 3 072).

C'est dans son mémoire de 1786 (**London, PTr, 1786, 457**) que *W. Herschel* forma les classes, dans lesquelles il divise les nébuleuses et les amas. Ceux-ci forment les cinq premières classes; les nébuleuses proprement dites composent les trois autres. Cette division est celle que l'on suit encore. *J_1. Herschel* en avait présenté (Results of astronomical observations made... at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847, p. 137) une un peu différente; mais elle n'a pas prévalu.

Il a fallu toutefois ajouter un type qui avait échappé à *W. Herschel,* le type en spirale, signalé en 1849 par *W. P. of Rosse* (**British, Assoc, Rep, 1849, 53**). On compte aujourd'hui une cinquantaine de nébuleuses qui appartiennent à cette forme, sur l'origine de laquelle on peut lire

3086. **Nasmyth, J.** Suggestions respecting the origin of the rotatory movements of the celestial bodies and the spiral forms of the nebulae as seen in lord Rosse's telescopes. **London, MNt, XV, 1855, 220.**

Nous donnons ci-dessous la liste des ouvrages ou mémoires qui renferment les descriptions d'un certain nombre de nébuleuses.

3087. **Lamont, J.** Ueber die Nebelflecken; 4°, München, 1837. — Reproduit: Observationes astronomicae in Specula monachiensi institutae, 4°, Monachii; vol. VI [XI de la tomaison générale], 1843, p. 8.

Il y a un supplément dans les Annalen der Sternwarte bei München; vol. XVII, 1869, p. 305.

3088 **Mason, E. P.** [avec Smith, H. L.] Observations on nebulae with a 14-feet reflector. Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series, 4°, Philadelphia; vol. VII, 1840, p. 165.

3089. **Rosse, W. P. of.** Observations of some of the nebulae. **London, PTr, 1844, 321.**

3090. **Rosse, W. P. of.** Observations on the nebulae. **London, PTr, 1850, 499.**

3091. **Rosse, W. P. of.** Selection from the observations of the nebulae. **London, PTr, 1861, 681.**

3092. **Secchi, A.** Nebulose annularie. **Roma, MOs_3, II, 1863, 76.**

3093. **Darby, W. A.** The astronomical observer, a handbook for the Observatory and the common telescope, embracing 965 nebulae, clusters and double stars; 8°, London, 1866.

Cet ouvrage ne contient pas d'observations originales, mais il donne de bonnes descriptions de seconde main.

3094. **Arrest, H. d'.** Undersögelser over de nebulose stjerner; 4°, Kjöbenhavn, 1872.

3095. **Schultz, H.** Micrometrical observations of 500 nebulae. Nova acta societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; vol. IX, part. II, 1875, p. 1.

3096. **Winlock, J. & [Trouvelot, L.]** Astronomical engravings. **Cambridge, Ann, VIII, 1876, I, 53; II, pl. 24-27.**

3097. **Bredichin, T.** Observations sur les nébuleuses. **Moscou, Ann, II, II, 1877, 114.**

Nous ne pouvons entrer dans le détail des monographies de nébuleuses. Nous citerons cependant les plus anciennes, à cause de l'intérêt qu'elles peuvent présenter, ainsi que les principales de celles qui se rapportent aux nébuleuses les plus connues.

La plus ancienne monographie est celle de la nébuleuse près ν Andromedae :

3098. **Bullialdus, I.** Ad astronomos monita duo, 4°, Parisiis, 1667; part. II. — En anglais dans **London, PTr, 1667, 459.**

On trouve ensuite :

3099. **Derham, W.** Observations of the appearances among the fixed stars, called nebulous stars. **London, PTr, 1733, 70.**

3100. **Legentil, J. B.** Remarques sur les étoiles nébuleuses. **Paris, H & M, 1759, 453.**

La nébuleuse d'Orion figure parmi les nébuleuses dont il est question dans les deux mémoires précédents.

On peut encore citer sur cette célèbre nébuleuse, parmi beaucoup de travaux plus ou moins importants :

3101. **Herschel, J. F. W.** An account of the actual state of the great nebula in Orion, compared whit those of former astronomers. **London, MAS, II, 1826, 487.**

C'est dans ce mémoire que se trouve proposée la nomenclature des régions de la nébuleuse d'Orion.

3102. **Vico, F. de.** Nebulose. **Roma, Oss, 1839, 31 ; 1842, 27.**

3103. **Lassell, W.** Observations of the nebula of Orion made at Valetta with the 20-foot equatoreal. **London, MAS, XXIII, 1854, 53.**

3104. **Liapounov, M.** Résultats des observations sur la grande nébuleuse d'Orion, faites à l'aide de la grande lunette parallactique de Kazan. **St. Pétersbourg, Mém, V, 1863, n° 4.**

3105. **Bond, G. P.** Observations upon the great nebula of Orion. **Cambridge, Ann, V, 1867.**

3106. **Rosse, L. [Oxmantown] of.** An account of the observations on the great nebula in Orion, made at Birr Castle whit the 3-feet and 6-feet telescopes. **London, PTr, 1868, 57.**

3107. **Secchi, A.** Sulla grande nebulosa di θ Orione. Memorie di matematica e di fisica della Società italiana delle scienze, serie IIIa, 4°, Modena; vol. I, part. II, 1868, p. 99. — Comparez : **Roma, Att, XXI, 1868, 137.**

3108. **Holden, E. S.** The multiple star Σ 748. **Washington, Obs$_2$, 1877,** app. II.

Étude micrométrique sur les étoiles du trapèze de la nébuleuse d'Orion.

Après la nébuleuse d'Orion, l'une des plus souvent décrites et des plus remarquables est celle à la ceinture d'Andromède. Les documents les plus importants à consulter sur cette nébuleuse, sont les suivants :

3109. **Messier, C.** Observations et dessin de la grande et belle nébuleuse de la ceinture d'Andromède. **Paris, Mém$_1$, VII, 1807, 206.**

3110. **Herschel, J. F. W.** Observations of the nebula in the girdle of Andromeda. **London, MAS, II, 1826, 495.**

3111. **Bond, G. P.** An account of the nebula in Andromeda. **Boston, Mem$_2$, III, 1848, 75.**

3112. **Webb, T. W.** The great nebula in Andromeda. Nature, 4°, London; vol. XXV, 1882, p. 341.

Reproduisant les dessins de *G. P. Bond*, 1847; de *Trouvelot*, 1874; et de *Perry*, 1881.

Sur l'intéressante nébuleuse qui entoure η Navis, on verra :

3113. **Lesueur, A.** η Argus and surrounding nebula. Transactions and proceedings of the Royal Society of Victoria, 8°, Melbourne; vol. X, 1874, p. 11.

Sur l'amas de Persée :

3114. **Krueger, A.** Om stjerngruppen *h* Persei. Acta Societatis scientiarum fennicae, 4°, Helsingforsiae; vol. VIII, 1867, p. 55.

Sur le bel amas, aux étoiles de couleurs variées, près de $\varkappa$ Crucis :

3115. **Russell, H. C.** On the coloured cluster stars about kappa Crucis. Transactions of the Royal Society of New South Wales, 8°, Sydney; [vol. VI], année 1872, p. 84.

Avec un catalogue de 130 étoiles de cet amas, et une carte sur fond noir.

Dans le désir d'obtenir des dessins fidèles des nébuleuses, et aussi pour fixer les positions relatives des innombrables étoiles qui composent les grands amas, on a tenté de recourir à la photographie. La première image photographique d'étoiles fut prise, en 1857, par *J. A. Whipple*, à Cambridge, États-Unis d'Amérique. C'était une représentation de ζ Ursae majoris et de sa voisine Alcor. On trouvera, sur ces premiers essais, un historique de *Gould*, sous le titre :

3116. **Gould, B. A.** Celestial photography. **Obs, II, 1879, 13.** — En allemand : **Sir, XI, 1878, 124.**

Voyez sur les progrès accomplis dans cette branche de l'art :

3117. **Schultz-Sellack, K.** Photographie südlicher Sterngruppen. **ANn, LXXXII, 1873, 65.**

3118. **Janssen, J.** Sur les photographies de nébuleuses. **Paris, Crh, XCI, 1880, 713.**

Les différentes particularités que l'on rencontre parmi les étoiles se retrouvent aussi chez les nébuleuses : la variabilité, le mouvement propre, la parallaxe, le groupement ou duplicité.

Hind fut le premier à signaler une nébuleuse variable (**ANn, XXXV, 1853, 371**). D'*Arrest* s'est appliqué à cette étude (**ANn, LVII, 1862, 341**). Indépendamment des fluctuations de lumière, il y a aussi des variations d'une nature périodique (*Winnecke*, dans **London, MNt, XXXVIII, 1878, 104**).

L'attention fut appelée, en 1846, sur les mouvements propres des nébuleuses, par une note de *Laugier*, relative à trois amas du Catalogue de *Messier* (**Paris, Crh, XXIV, 1846, 1021**). Cet astronome (**Paris, Crh, XXVIII, 1849, 573**) et d'*Arrest* (**ANn, LVII, 1862, 346**) ont fait connaître différents cas de ce genre.

Nous devons mentionner ici un article de

3119. Huggins, W. Note on the proper motions of nebulae. Leipzig, Vjh, VIII, 1873, 218. — Reproduit : ARr, XI, 1873, 269.

Par le déplacement observé des raies du spectre.

Une des dernières études qui ont paru est celle de *Holden,* sur le mouvement propre de la nébuleuse connue sous le nom de « trifide, » n° 20 de *Messier* (AJS_3, XIV, 1877, 432).

Brünnow a tenté une mesure de parallaxe sur la nébuleuse 37 H, IV (Proceedings of the Irish Academy, 8°, Dublin; vol. III, 1877, p. 125).

D'*Arrest* a donné une liste d'une cinquantaine de nébuleuses doubles (ANn, LVIII, 1862, 1). On verra aussi une note de *Flammarion* (Paris, Crh, LXXXVIII, 1879, 27), sur des nébuleuses doubles en mouvement.

L'étude spectroscopique des nébuleuses irrésolubles offre un intérêt tout particulier, parce qu'elle permet de former quelques conjectures sur la nature de la matière qui compose ces corps. Le premier pionnier dans la voie de ces recherches fut

3120. Huggins, W. On the spectra of some of the nabulae. London, PTr, 1864, 437.

Continué par Further observations on the spectra of some of the stars and nebulae. London, PTr, 1866, 381; 1868, 529.

3121. Secchi, A. [Études spectroscopiques sur les nébuleuses]. Bullettino meteorologico del Collegio Romano, 4°, Roma; vol. IV, 1865, p. 76.

Comparez Paris, Crh, LX, 1865, 543; LXVI, 1868, 643.

3122. Bredichin, T. Spectre des nébuleuses. Spettr. ital., Mem., IV, 1875, 109. — Réimprimé : Moscou, Ann, II, II, 1876, 60.

3123. Stone, E. J. On a cause for the appearance of bright lines in the spectra of irresolvable star clusters. London, Pro, XXVI, 1877, 156, 317.

3124. **Bredichin, T.** Spectre des nébuleuses planétaires. **Moscou, Ann., III, II, 1877, 120.** — En russe dans : Mathematischesky sbornik iz davaemiy moskovskim mathematitscheskim obstschestvom, 8°, Moskwa ; vol. VIII, 1877, p. 362.

3125. **Fievez, C.** Recherches sur l'intensité relative des raies spectrales de l'hydrogène et de l'azote, en rapport avec la constitution des nébuleuses. **Bruxelles, Bul_2, XLIX, 1880, 107.** — Reproduit : Annales de chimie et de physique, 5e série, 8°, Paris; vol. XX, 1880, 179. En anglais : **PMg_5, IX, 1880, 309.**

La question de savoir si les nébuleuses offrent, par la suite du temps, des changements appréciables, a été soulevée par *Boulliau,* qui, d'après ses observations sur la nébuleuse d'Andromède, se prononçait pour l'affirmative (*Bullialdus,* Ad astronomos monita duo, 4°, Parisiis, 1667; part. II).

Mairan partageait la même opinion. Il avait cru voir des changements, en particulier, dans celle d'Orion (*De Mairan,* Traité physique et historique de l'aurore boréale, 2e édit., 4°, Paris, 1754; p. 262). *Legentil* avait cru en remarquer, de son côté, dans celle d'Andromède (**Paris, H & M, 1759, 455, 465**). *Schroeter* ne doutait pas de ceux qu'il avait aperçus dans la nébuleuse d'Orion et dans la nébuleuse annulaire de la Lyre (*Von Zach,* Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. I, 1798, p. 131. — Comparez **BaJ, 1801, 128**).

Tous les doutes furent levés par *W. Herschel,* lorsqu'il reprit, après un certain nombre d'années, avec le même instrument, l'examen des objets qu'il avait observés précédemment (**London, PTr, 1811, 323**).

On a aujourd'hui de nombreux exemples de changements survenus dans les nébuleuses. Parmi les travaux qui portent sur cette question, nous indiquerons :

3126. **Herschel, J. F. W.** Observations on stars and nebulae at the Cape of Good Hope. **British Assoc, Rep, 1838, II, 17.**

3127. **Pogson, N. R.** Remarkable changes observed in the cluster 80 Messier. **London, MNt, XXI, 1861, 34.**

3128. **Macgeorge, F.** Some notes of observation with the Melbourne telescope. Transactions and proceedings of the Royal Society of Victoria, 8°, Melbourne; vol. X, 1874, p. 65.

L'auteur parle (p. 70) de changements récents dans la nébuleuse qui entoure η Navis.

3129. **Holden, E. S.** On supposed changes in the nebula M[essier], 17. **AJS_3, XI, 1876, 341.** — En allemand : **Sir, IX, 1876, 258.**

Comparez, du même astronome : **AJS_3, XIV, 1877, 433.**

§ 341. VOIE LACTÉE ET CONSTRUCTION DES CIEUX.

Il y a une description générale de cette portion de la voie lactée qui appartient au ciel européen, dans le poème astronomique de *Manilius* (Astronomicon [L], lib. II, v. 682). Jusqu'au siècle présent, on n'avait pas apporté une grande attention à la description scientifique de cette grande nébuleuse. La portion qui appartient au ciel austral a été décrite pour la première fois par d'*Acosta* (Historia natural y moral de las Indias, 4°, Sevilla, 1590; 2[e] édit., 8°, Barcelona, 1591; 3[e] édit., 2 vol. 8°, Madrid, 1608-10; lib. I, cap. 2).

Il n'y eut pas d'examen détaillé et vraiment scientifique de la constitution de la voie lactée, avant les travaux de *W. Herschel.* Ce grand astronome montra d'abord qu'elle se décompose en strates ou couches (**London, PTr, 1784, 442**). Puis il en analysa la composition d'une manière plus complète, dans un mémoire sur la construction des cieux, qui sera mentionné tout à l'heure (n° 3156). Dans cette analyse, il fit connaître les objets de différente nature dont cette vaste zone est formée.

Horner fut le premier à décomposer la voie lactée en plaques lumineuses distinctes. Son travail concerne la partie de cette zone qui traverse le ciel austral (**MCz, X, 1804, 220**). *W. Herschel* fit une division analogue pour la partie qui appartient au ciel européen (**London, PTr, 1814, 280**).

On peut voir, comme ouvrages de généralités sur la voie lactée :

3150. Schubert, F. T. Die Milchstrasse. Dans ses Vermischte Schrifte, neue Folge, 3 vol. 8°, Leipzig; vol. II, 1840, p. 89.

3151. Smyth, W. H. Clusters of stars and the galaxy. Dans son Cycle of celestial objects, 2 vol. 8°, London; vol. I, 1844, p. 304.

Le premier dessin essayé d'après nature fut celui de *F. H. Wollaston,* dans l'atlas céleste mentionné déjà p. 848, savoir :

3152. Wollaston, F. H. A porctraiture of the heavens as they appear to the naked eye; 10 feuilles, 1811, London.

Lubbock s'est servi de ce tracé dans l'atlas en six feuilles, mentionné, sous la date de 1830, à la page 845.

Dunlop a développé, sur 3 planches, le dessin spécial de la partie australe (**London, PTr, 1828, 152**). Un tracé d'après nature est donné, pour le ciel européen, dans l'Uranométrie de *Heis* (plus haut, p. 849), pour le ciel austral dans celles de *Behrmann* et de *Gould* (ibid), enfin pour tout le développement de la voie lactée dans celle de *Houzeau* (ibid).

D'après le tracé de la voie lactée, on a pu calculer la position du pôle de son cercle médian. Nous désignerons par α l'ascension droite de ce pôle, par δ sa déclinaison, et par r la distance du pôle boréal de la voie lactée au cercle médian de cette zone.

Valeurs attribuées aux coordonnées du pôle boréal de la voie lactée.

1847. F. Struve (Études d'astronomie stellaire, 8°, St. Pétersbourg ; p. 62).

$\alpha = 12^h 38^m$ $\delta = + 31°,5$ Équin. 1825,0 $r = 90°$

1878. Houzeau, par les points d'éclat maximum (Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, Astronomie, 4°, Bruxelles ; vol. I, n° 1, p. 21).

$\alpha = 12^h 49^m,1$ $\delta = + 27°30'$ Équin. 1880,0 $r = 90°20'$

1881. Schoenfeld, en reprenant les calculs de *Houzeau* (Leipzig, Vjh, XVI, 96).

$\alpha = 12^h 40^m,9$ $\delta = + 28°44'$ Équin. 1880,0 $r = 91°7'$

Pendant longtemps, l'opinion la plus accréditée voulait que la voie lactée fût un météore, appartenant comme tel à notre atmosphère. C'était ainsi que pensait *Aristote* (*Aristoteles,* Meteorologica [G], lib. I, cap. 8). Mais cette théorie fut fort habilement réfutée par *Averroès,* qui observa qu'en passant de Cordoue au Maroc, cette lumière blanche ne cessait de se projeter sur les mêmes étoiles (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 475**). Elle n'a donc pas de parallaxe sensible, et doit être rejetée dans les régions célestes. On voit la question discutée, dans un manuscrit arabe, qui a pour titre :

3133. Abn-Ali-Husim Ben-Husein Ben-Heiteim. Responsio ad quaestionem an via lactea sit in regione aeris an ipsius coeli.

A la bibliothèque de Leyde.

D'après une autre opinion, qui remonte du reste à l'antiquité, la voie lactée serait composée de petites étoiles. Au — V[e] siècle, *Anaxagoras* la regardait comme une accumulation d'astres, trop faibles pour être distingués individuellement (*Diogenes Laertius,* De vitis... clarorum philosophorum [G], lib. II). *Démocrite* l'expliquait aussi par une agrégation de points étincelants (*Plutarchus*, De placitis philosophorum [G], lib. III, cap. 1 ; *Manilius,* Astronomicon [L], lib. I, v. 750-753). *Manilius* (Astronomicon [L], lib. I, v. 9) et *Ptolémée* (**Ptolemaeus, MCo, lib. VIII, cap. 2**) pensaient également que cette zone blanchâtre n'est qu'un immense amas de petites étoiles.

Cette opinion se perpétua, en Europe, à la renaissance des sciences. *Dante* [XIVe siècle] la présente comme offrant une grande probabilité (*Dante Alighieri*, Opere minori, 2 vol. 8°, Venezia; vol. I, 1793, p. 74). Mais après l'invention du télescope, *Galilée* ne mit aucune hésitation à l'exprimer (*Galileus*, Sydereus nuncius, 1610; édit. 8°, Francofurti, 1610, p. 16. — **Galilei, Ope, éd. Milano, IV, 1810, 331; éd. Firenze, III, 1843, 76**).

On sait que les recherches de *W. Herschel* ont confirmé, dans un certain sens, cette manière de voir, et que cet astronome a trouvé certaines parties de cette zone peuplées, en quelque sorte, d'une poussière d'étoiles. Dans un espace de la voie lactée de 15° sur 2°, il évalua le nombre des étoiles que lui montrait son grand télescope, au chiffre énorme de cinquante mille (**London, PTr, 1784, 446**).

Les premières considérations de quelque valeur sur la construction de l'univers stellaire remontent au philosophe *Kant*, qui les développa dans son ouvrage, qui a paru d'abord sans nom d'auteur :

5134. [Kant, E.] Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt; 8°, Königsberg, 1755. — 4e édit., 1808.

On verra particulièrement Abth. III. D'après *Kant*, notre système solaire lui-même est plongé au sein de la voie lactée, qui nous entoure de toutes parts.

Les mémoires dans lesquels *W. Herschel* s'est occupé de la constitution de l'univers sont les suivants :

5135. **Herschel, W.** Account of some observations tending to investigate the construction of the heavens. **London, PTr, 1784, 437.** — En allemand : **BaJ, 1788, 246.**

5136. **Herschel, W.** On the construction of the heavens. **London, PTr, 1785, 213.** — En allemand : **BaJ, 1788, 238.**

Ces mémoires, ainsi que les catalogues de nébuleuses de *W. Herschel*, ont été réunis, d'après les traductions de *C. L. Ideler* qui avaient paru dans divers volumes du **BaJ** :

5137. **Herschel, W.** übersetzt von *C. L. Ideler*. Ueber den Bau des Himmels; 8°, Königsberg, 1791. — Réimprimé (par les soins de *J. W. Pfaff*), sous le titre : Sämmtliche Schriften; 2 vol. 8°, Dresden & Leipzig, 1826.

Dans ces immenses espaces, on ne pouvait plus supposer que les étoiles tirassent leur lumière du Soleil. Déjà dans l'antiquité, on trouve l'opinion que cette lumière leur est propre (*Macrobius,* Expositio in Somnium Scipionis [L], lib I, cap. 19). Dans les temps modernes, *Cardan* (De subtilitate, fol., Norimbergae, 1550; lib. III) et *G. Bruno* (Liber de maximo et immenso; 4°, Francofurti, 1591) regardaient les étoiles comme autant de soleils. *Képler* disait aussi qu'elles brillent par elles-mêmes (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604, p. 261. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 293**). Telles étaient également les vues de *Galilée* (*Galilei,* Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, 4°, Fiorenza, 1632; part. III. — Reproduit : **Galilei, Ope, I, 1842, 368**) et de *Huygens* (*Hugenius,* Cosmotheoros, 4°, Hagae Comitis, 1699; lib. II. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, vol. II, p. 713). *Halley* appuya cette opinion de considérations méthodiques (**London, PTr, 1720, 24**).

Mais cette lumière nous parvient-elle sans diminution ? Cette question fut pour la première fois discutée dans le mémoire célèbre :

3138. **Olbers, W.** Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraums. **BaJ, 1826, 110.** — En anglais : The Edinburgh new philosophical journal, 8°, Edinburgh ; vol. I, 1826, p. 141.

Voici la liste des principaux ouvrages qui traitent de la constitution générale de l'univers :

3139. **Schubert, G. H. von.** Die Urwelt und die Fixsterne ; 8°, Dresden, 1822. — 2ᵉ édit., Dresden & Leipzig, 1839.

3140. **Gelpke, A. H. C.** Darstellung des grossen Weltgebäudes nebst den Entdeckungen Herschels; 8°, Ilmenau, 1825.

3141. **Schubert, F. T.** Die Fixsterne. Dans ses Vermischte Schriften, neue Folge, 3 vol. 8°, Leipzig; vol. II, 1840, p. 7.

3142. **Struve, F. W. G.** Études d'astronomie stellaire; sur la voie lactée et sur la distance des étoiles fixes; 8°, St. Pétersbourg, 1847.

Ouvrage remarquable, qui a fait époque dans l'astronomie stellaire.

3143. **Dick, T.** The sidereal heavens and other subjects connected with astronomy; 12°, London, 1848.

3144. **Mädler, J. H.** Der Fixsternhimmel, eine gemeinfassliche Darstellung der neuern auf ihn sich beziehenden Forschungen: 8°, Leipzig, 1858.

3145. **Liagre, J. B.** Sur la structure de l'univers. **Bruxelles, Bul$_2$, XII, 1861, 379.**

3146. **[Schultén, M. W. af.]** Stjernornas verld ; 8°, Helsingfors, 1867.

3147. **Radau, R.** Progrès récents de l'astronomie stellaire; 18°, Paris, 1876.

Les ouvrages suivants peuvent être considérés comme appartenant à l'astronomie sidérale descriptive :

3148. **Mädler, J. H.** Untersuchungen über die Fixsternsysteme; 2 vol. fol., Mitau & Leipzig, 1848.

3149. **Chambers, G. F.** A handbook of descriptive astronomy, 8°, London, 1862 (?); 2e édit., Oxford, 1867; 3e édit., Oxford, 1877.

3150. **Proctor, R. A.** Half-hours with the telescope, being a popular guide to the use of the telescope as a means of amusement and instruction, adapted to inexpensive instruments, with illustrations; 8°, London, 1878.

3151. **Secchi, A.** Le stelle, saggio di astronomica siderale; 8°, Milano, 1878.

Traduction.

Die Sterne, Grundzüge der Astronomie der Fixsterne; 8°, Leipzig, 1878.

Cet ouvrage de *Secchi* a été vivement critiqué par *Winnecke* (**Leipzig, Vjh, XIII, 1879, 278**).

3152. **Lockyer, J. N.** Star-gazing, past and present; 8°, London, 1878.

Traduction.

Die Beobachtung der Sterne, sonst und jetzt (par *G. Siebert;* 8°, Braunschweig, 1880.

CHAPITRE XXVII.

ASTRONOMIE PRATIQUE.

---

§ 342. TRAITÉS D'ASTRONOMIE PRATIQUE.

Les grands traités d'astronomie, indiqués aux §§ 27-37, ainsi que plusieurs traités d'astronomie sphérique mentionnés au § 72, s'occupent également d'astronomie pratique, et peuvent être consultés pour l'étude de cette branche de la science. Parmi les ouvrages plus particulièrement consacrés à l'astronomie pratique, on peut citer :

3153. **Rösler, G. F.** Handbuch der praktischen Astronomie; 2 vol. 8°, Tübingen, 1788.

3154. **Vince, S.** A treatise on practical astronomy; 4°, Cambridge, 1790.

3155. **Jahn, G. A.** Practische Astronomie; 2 vol. 8°, Berlin, 1834-1835.

3156. **Cronstrand, S. A.** Handbok i practiska astronomien; 2 vol. 8°, Stockholm, 1840-1843.

3157. **Dick, T.** The practical astronomer; 12°, London, 1845.

Avec un grand nombre de figures sur bois.

3158. **Anger, C. T.** Grundzüge der neueren astronomischen Beobachtungs-Kunst; 4°, Danzig, 1847.

3159. **Christie, J. R.** An introduction to the elements of practical astronomy; 8°, London, 1853.

3160. **Loomis, E.** An introduction to practical astronomy, with a collection of astronomical tables; 8°, New York, 1855. — Souvent réimprimé, 5e édit., 1865.

3161. **Main, R.** Practical and spherical astronomy for the use of students in the universities; 8°, Cambridge, 1863.

3162. André, C. Traité d'astronomie pratique; 8°, Paris, 1872.

Formant le vol. II de l'édition française de *Brünnow,* Traité d'astronomie sphérique; 2 vol. 8°, Paris. Voyez § 72, n° 907.

3163. Challis, J. Lectures on practical astronomy and astronomical instruments; 8, Cambridge, 1879.

§ 343. CALCULS ASTRONOMIQUES.

Il existe quelques ouvrages destinés à former ou à guider ceux qui s'occupent de calculs astronomiques. On peut indiquer à ce sujet :

3164. Lalande, J. J. de. Exposition du calcul astronomique; 8°, Paris, 1762.

3165. Rüdiger, C, F. Handbuch der rechnenden Astronomie; 3 vol. 8° et un Suppl., Leipzig, 1802-1804.

3166. Francoeur, L. B. Astronomie pratique, usage et composition de la Connaissance des temps; 8°, Paris, 1830. — 2e édit., 1840.

Au sujet des tables d'après lesquelles les éphémérides sont calculées, nous renverrons à notre § 156, p. 380.

§ 344. ÉPHÉMÉRIDES.

Les Chaldéens, au rapport de *Diodore de Sicile,* ne se croyaient pas assez sûrs de leur connaissance des mouvements célestes, pour se hasarder à prédire les éclipses (*Diodorus siculus,* Bibliotheca historica [G], lib. II); mais, dans un autre endroit de son ouvrage, le même historien nous dit qu'en Égypte on les annonçait (ibid, lib. I).

Chez les Grecs, *Démocrite* avait écrit un livre, intitulé « Parapegmata, » où se trouvaient des annonces d'éclipses (*Vitruvius,* De architectura [L], lib. IX, cap. 7). On reste ensuite, pendant un long intervalle, sans rencontrer de traces de calculs astronomiques faits à l'avance. En descendant au XIIe siècle, on trouve que le rabin Salomon *Jarchus* avait préparé, pour l'année 1150, des éphémérides, qui existent encore en manuscrit (*Weidler,* Historia astronomiae, 4°, Wittenbergae, 1741; p. 265. — Cas, VII, 1822, 22).

Malgré la défaveur qui s'attache, dans la vie commune, aux vieux almanachs, nous devons signaler à l'astronome que les éphémérides des XVe, XVIe et XVIIe siècle peuvent encore lui être très-utiles. Lorsqu'il s'agit, par exemple, de la date d'un phénomène, ou de la position d'un astre à un instant déterminé, on y trouve, sur-le-champ et sans calcul, un premier renseignement, avec des données souvent assez

approchées pour le but que l'on s'est proposé. Dans d'autres circonstances, ces données facilitent ou contrôlent le calcul exact, fait à l'aide des tables modernes.

Nous entrerons donc dans quelques détails sur les séries d'éphémérides qui ont paru en divers temps.

Les éphémérides forment deux groupes distincts, qui marquent deux périodes successives. Ces périodes répondent à celles que nous avons trouvées dans les tables astronomiques (voir p. 376).

Les anciennes éphémérides, qui constituent le premier groupe, étaient calculées par un seul astronome, d'après des tables générales. Les éphémérides modernes poussent la précision plus loin, sont calculées sur les tables spéciales des différents astres, et par un personnel de calculateurs en sous-ordre. Dans ces dernières, le calcul est assez précis pour permettre la correction des éléments par la comparaison des observations à l'éphéméride.

Nous parlerons d'abord du premier groupe, celui des éphémérides anciennes.

On peut voir, sur celles-ci, un article, apparemment de *Lalande*, inséré dans la nouvelle édition de l'Histoire des mathématiques de *Montucla*, intitulé :

3167. **[Lalande, J. J. de.]** Des éphémérides. **Montucla, HdM, IV, 1802, 319.**

On y lit qu'il existe, à la Bibliothèque nationale de Paris, un manuscrit contenant des éphémérides pour l'an 1442 (**JdS$_1$, 1702, 347**).

Le tableau qui suit permettra de se guider dans la recherche des éphémérides relatives à une époque donnée. Nous n'y comprenons que les éphémérides les plus renommées, en laissant de côté les almanachs d'une valeur moindre pour l'astronome.

Tableau des principales éphémérides.

Titres et données bibliographiques.	Années embrassées.	Premier méridien.	Tables d'après lesquelles les calculs sont faits.
MONTE-REGIO, J. [REGIOMONTANUS] DE. Ephemerides; 4°, Norimbergae, 1474. — D'autres éditions, parfois sans nom d'auteur, ni lieu, ni date, ont été publiées postérieurement, en retranchant les années écoulées . . .	1475-1506	Ulmae.	Tabulae alphonsinae.
GRANOLACHS, B. DE. Sumario in el qual se contienen los conjunciones y opposiciones, los eclypses del Sol y Luna, fiestas movibles; 4°, Barcelona, [1487]	1488-1500	Barcelonae.	Tabulae alphonsinae.
ANGELUS [ENGEL], J. Ephemerides motuum coelestium; 4°, Viennae, 1494	1494-1500	Vindobonae.	Tabulae alphonsinae.

Titres et données bibliographiques.	Années embrassées.	Premier méridien.	Tables d'après lesquelles les calculs sont faits.
STOEFFLER[INUS], J. & PFLAUMEN, J. Almanach nova plurimis annis venturis inservientia; 4°, Ulmae, 1499. — Continuées d'abord Venetiis, 1513; puis par *Stoeffler* seul, Tubingae, 1531, avec réimpression Parisiis, 1533 et Tubingae, 1544. L'exemplaire de l'édition de 1531 que l'on possède à Poulkova, porte des notes marginales de la main de *Copernic*	1499-1551	Ulmae.	Tabulae alphonsinae.
GAURIC[US], L. Ephemerides recognitae et ad unguem castigatae; 4°, Venetiis, 1533 . .	1534-1551	Venetiarum.	Tabulae alphonsinae.
APIANUS, P. [BIENEWITZ]. Ephemerides motuum coelestium; 4°, Ingolstadii, 1537	1538-1578	Leysingae.	Tabulae alphonsinae.
PITATUS, P. Almanach novum; 4°, Tubingae, 1553. — Une première partie [1552-1556] avait paru en 1544, comme annexe aux Ephémérides de *Stoeffler*	1552-1562	Venetiarum.	Tabulae alphonsinae.
SIMUS, N. Ephemerides ad annos quindecim; 4°, Venetiis, 1554	1554-1568	Bononiae.	Tabulae alphonsinae.
CARELLO, G. B. Effemeridi; 27 vol. 4°, Vinegia, 1554 et suiv. — Il y a également une édition latine, formée de volumes contenant ordinairement plusieurs années	1554-1580	Venetiarum.	Tabulae alphonsinae.
STADIUS, J. Ephemerides novae et exactae; 4°, Coloniae. — Editions successivement augmentées d'un nombre croissant d'années, jusqu'à celle de 1591, qui est la plus étendue.	1554-1606	Antuerpiae.	Tabulae prutenicae.
LEOVITIUS, C. Ephemeridum novum atque insigne opus; fol., Augustae Vindelicorum, 1557	1556-1605	Augustae Vindelicorum.	Tabulae alphonsinae.
MOLET[IUS], J. Ephemerides annorum viginti; 4°, Venetiis, 1564	1564-1583	Venetiarum.	Tabulae prutenicae.
MAESTLIN[US], M. Ephemerides motuum coelestium; 4°, Tubingae	1577-1590	Tubingae.	Tabulae prutenicae.

Titres et données bibliographiques.	Années embrassées.	Premier méridien.	Tables d'après lesquelles les calculs sont faits.
MAGINUS, J. A. Ephemerides coelestium motuum; 4°, Venetiis, 1580 [pour 1581-1597], 1599 [pour 1598-1610]; Francofurti, 1608 [pour 1608-1630]. — D'autres éditions partielles	1581-1630	Venetiarum.	Tabulae prutenicae.
ORIGANUS, D. Novae motuum coelestium ephemerides brandenburgicae; 3 vol. 4°, Francofurti ad Viadrum, 1609. — Les 36 premières années avaient déjà paru en 1595. Il y a des réimpressions partielles.	1595-1654	Francofurti ad Viadrum.	Tabul. prutenicae. Après 1600, Magini tabulae dites tychonicae.
ARGOLUS, A. Ephemerides juxta Tychonis hypotheses, 4 vol. 4°, Venetiis puis Patavii. — Il y a différentes réimpressions et subdivisions	1621-1700	Romae.	Tabulae tychonicae.
DURRET[US], N. Novae motuum coelestium ephemerides Richelianae; 2 vol. 4°, Parisiis, 1641	1637-1650	Lutetiae.	Tabulae lansbergianae.
MONTEBRUNUS, F. Ephemerides ab anno 1641 ad annum 1660; 4°, Bononiae, 1640 . .	1641-1660	Bononiae.	Tabulae lansbergianae.
HECKER, J. Motuum coelestium ephemerides; 4°, Gedani, 1662.	1666-1680	Gedani.	Tabulae lansbergianae.
MAZZAVACHIS, F. DE. Otia sive ephemerides Felsineae; 3 vol. 4°, Bononiae, 1675-1686.	1675-1712	Bononiae.	Tabulae carolinae.
KIRCH[IUS], G. Ephemeridum motuum coelestium anni duodecim; 4°, Lipsiae, 1681. .	1681-1692	Lipsiae.	Tabulae carolinae.
HOFFMANN, J. H. Ephemerides motuum coelestium; 12 vol. 4°, Berolini. — Les années 1701 et 1702 sont réunies dans le même volume	1701-1713	Uraniburgi.	Tabulae rudolphinae.
BEAULIEU [DESFORGES], ... DE. Ephémérides des mouvements célestes; 4°, Paris, 1703.	1702-1715	Paris.	Tables de Street et de Lahire.
MANFREDI[US], Ephemerides motuum coelestium; 4 vol, 4°, Bononiae, 1715-1725 . .	1715-1750	Bononiae.	Tabulae cassinianae [de *J. D. Cassini*].

Titres et données bibliographiques.	Années embrassées.	Premier méridien.	Tables d'après lesquelles les calculs sont faits.
Desplaces, P., continué par *de La Caille, L. N.* puis par *Lalande, J. J. de.* Ephémérides des mouvements célestes; 9 vol. 4°, Paris, 1715-1792. — Les vol. I-III [pour 1716-1744] sont par *Desplaces;* les vol. IV-VI [pour 1745-1764] par *La Caille;* les vol. VII-IX [pour 1765-1800] par *Lalande.* .	1716-1800	Paris.	Tables de *Lahire;* après 1745, tables de *Cassini*; après 1765, tables de *Lalande.*
Kep[p]ler, J. Ephemerides novae motuum coelestium; 3 vol. 4°. — Vol. I [pour 1717-1730], Lincii, 1617; vol. II et III [pour 1731-1736], Sagani.	1717-1736	Ulmae.	Tabulae rudolphinae.
Ghisleri[us], H. Ephemerides ad meridianum Bononiae, 2 vol. 4°, Bononiae, 1720-1728.	1721-1750	Bononiae.	Tabulae ludovicianae.
Zanottus, E., continué par **Matteucci**[us], ... Ephemerides motuum coelestium; 5 vol. 4°, Bononiae, 1750-1798. — Les trois premiers volumes [pour 1751-1785] sont de *Zanotti,* les deux autres [pour 1786-1810] ont été donnés par *Matteucci*	1751-1810	Bononiae.	Tabulae cassinianae.

A la seconde époque appartiennent les grandes séries d'éphémérides, dont la publication, devenue indispensable à la marine, a fini par être prise en main par les principaux gouvernements.

Afin de distinguer les collections qui continuent à paraître par volumes annuels, de celles qui ont cessé d'être publiées, nous faisons suivre les premières du signe ———, placé après la dernière année qui a paru.

5168*. **Connaissance des tem[p]s** [ou des mouvements célestes] à l'usage des astronomes et des navigateurs; 58 vol. 12° et 125 vol. 8°, Paris, années 1702-1884 ———.

La première série, de 1702 à 1759 ne renferme que des éphémérides. Elle a été publiée par *Lieutaud* jusqu'en 1729 inclusivement, par *L. Godin* en 1730-1733, puis par *J. D. Maraldi.* Une publication encore antérieure avait été faite par *J. Picard* de 1679 à 1684, puis par *J. Lefèvre* jusqu'à ce que *Lieutaud* s'en chargeât.

En 1760, *Lalande* prit la rédaction de la Connaissance des temps, et à partir de cette époque chaque volume a renfermé des notices astronomiques. Depuis

l'année 1830, ces notices ont, dans le volume, une pagination distincte, et sont réunies sous le titre d'Additions. Il y a des tables de ces notices :

Pour les années 1760-1805, dans **CdT, 1806, 462**;
Pour les années 1806-1822, dans **CdT, 1822, 352**;
Pour les années 1823-1867, dans **CdT, 1867, 47.**

Les rédacteurs en nom ont été successivement :

De 1760 à 1775, *J. J. de Lalande;*
De 1776 à 1787, *E. S. Jeaurat;*
De 1788 à 1794, *P. Méchain;*
Pour 1795, sans indication;
Pour 1796 [an IV], *J. J. de Lalande;*
De 1797 [an V] à 1861, le *Bureau des Longitudes,* collectivement;
De 1862 à 1875, le *Bureau des Longitudes, L. Mathieu* délégué;
Depuis 1876, le *Bureau des Longitudes, M. Loewy* délégué.

Les volumes qui ont paru pendant l'ère républicaine portent les dates an IV-an XV, que nous avons partout converties dans le millésime commun, en admettant an IV = 1796, an V = 1797, et ainsi de suite.

3169. Ephemerides astronomicae ad meridianum vindobonensem calculis definitae; 50 vol. 8°, Vindobonae, années 1757-1806.

Éphémérides de précision et notices scientifiques. Un choix de ces notices a été traduit en allemand par *L. A. Jungnitz*, sous le titre : Beiträge zur practischen Astronomie; 4 vol. 8°, Hirschberg, 1791-1794.

Les rédacteurs en nom ont été successivement :

De 1757 à 1768, *M. Hell;*
De 1769 à 1771, *P. A. Pilgram;*
De 1772 à 1781, *M. Hell;*
De 1782 à 1793, *M. Hell & F. de P. Triesnecker;*
De 1794 à 1806, *F. de P. Triesnecker & J. T. Bürg.*

3170. Nautical almanac and astronomical ephemeris; 119 vol. 8°, London, années 1767-1885 ——; plus 9 Supplements pour les volumes de 1828, 1829 et 1863-1869.

Éphémérides de précision. Quelques notices scientifiques, dans un petit nombre de volumes, où elles figurent généralement sous le titre d'Appendix. Un choix de ces notices a fait l'objet d'une réimpression, dirigée par *J. W. Woolgar,* sous le titre : Selections from the additions that have been annexed to the Nautical Almanak from its commencement to the year 1812; 8°, London, 1813.

Les rédacteurs en titre du Nautical Almanac ont été :

De 1767 à 1813, *N. Maskelyne;*
De 1814 à 1831, *J. Pond;*
De 1832 à 1856, *W. S. Stratford;*
Depuis 1857, *J. R. Hind.*

3171. Ephemerides astronomicae ad meridianum mediolanensem supputatae; 31 vol. 8°, Mediolani, années 1775-1805. Continué sous le titre : Effemeridi astronomiche calcolate pel meridiano di Milano; 69 vol. 8°, Milano, années 1806-1874.

La publication s'est ensuite arrêtée. Elle renferme des éphémérides de précision et des notices. Il y a, pour celles-ci, une table dans le volume de 1856, p. 58.

Les rédacteurs en nom ont été successivement :

De 1775 à 1802, *A. de Cesaris;*
De 1803 à 1863, *F. Carlini;*
De 1864 à 1874, *G. V. Schiaparelli.*

3172. Berliner astronomisches Jahrbuch; 109 vol. 8°, Berlin, années 1776-1884 ———; plus 4 vol. Supplement, 8°, Berlin, 1793-1808.

Chaque volume contient des éphémérides de précision et des notices. Les suppléments ne renferment que des notices. Il y a une table de celles contenues dans les années 1776-1798 et dans les Supplement-Bände I et II, dans le II[e] vol. de ces Suppléments, 1795, à la fin. Il a paru 8°, Berlin, 1829, une table par *C. F. John,* des notices renfermées dans cette collection, jusqu'au volume pour 1829 inclusivement. Certains articles ont été réimprimés sous le titre : *J. F. Encke,* Astronomische Abhandlungen aus den Jahren 1830-1862 des Berliner astronomischen Jahrbuchs; 3 vol. 8°, Berlin, 1866.

Les rédacteurs en nom ont été :

De 1776 à 1829, *J. E. Bode;*
De 1830 à 1865, *J. F. Encke;*
Pour 1866, *J. P. Wolfers;*
De 1867 à 1876, *W. Förster;*
Depuis 1877, *W. Förster & F. Tietjen.*

3173. Almanaque náutico y efemérides astronómicas para el Observatorio de marina de la ciudad de San Fernando; 92 vol. 8°, Madrid puis San Fernando & Cadiz, années 1792-1883 ———.

Il y a des observations astronomiques ou des notices, jusqu'au volume pour 1845 inclusivement.

5174. Ephemerides astronomicas calculadas para o meridiano do Observatorio da universidad de Coimbra; 70 vol. 8°, Coimbra, années 1804-1881 ——.

Certaines années sont réunies par deux dans un même volume.

5175. The American ephemeris and nautical almanac; 30 vol. 8°, Washington, années 1855-1884 ——.

Éphémérides de précision, sans notices.

Il a paru, en outre, à certaines époques, des éphémérides abrégées, plus faciles à manier que les éphémérides officielles des divers pays. On peut citer comme exemple :

5176. Bremiker, C. Nautisches Jahrbuch; Annuaire nautique; 25 vol. 8°, Berlin & Paris, années 1852-1876.

Il y a des titres en allemand et des titres en français. Cet annuaire était rédigé surtout en vue des déterminations géographiques.

A côté, ou plutôt au-dessous, des éphémérides de précision, se placent les annuaires, qui se contentent de fournir des données moins étendues. Dans un grand nombre de ces recueils, les auteurs joignent des explications sur les phénomènes astronomiques, et des notices scientifiques destinées à la vulgarisation. Ce sont ces articles d'un caractère général qui font la valeur des anciens volumes de ces publications. Nous signalerons les collections d'annuaires qui ont le plus d'importance, au point de vue des notices qui s'y trouvent insérées.

Nous les rangeons d'après l'ordre chronologique de leur apparition.

Nous marquons toujours du signe ——, placé à la suite des dates, les collections qui continuent à paraître.

5177. St. Petersburger kalender; 139 vol. 8°, St. Petersburg, années 1728-1866.

Il y avait aussi une édition russe sous le titre : Kalendar ili mesiatzeslov (ordinarniy); 142 vol. 8°, Sankt Peterbourg, années 1728-1869. — Une table des deux éditions se trouve dans la Table générale des publications de l'Académie de St. Pétersbourg, publiée en 2 vol. 8°, St. Pétersbourg, 1872-1875.

5178. Frend, W. Evening amusements, or the beauty of the heavens displayed; 15 vol. 8°, London, années 1806-1821.

Ces volumes annuels étaient des almanachs astronomiques populaires, dans lesquels les phénomènes de l'année se trouvaient décrits et expliqués.

3179. **Bureau des longitudes**, Annuaires; 64 vol. 18°, Paris, années 1819-1882 ——.

La collection a commencé en 1798, mais elle n'a contenu de notices qu'à partir de 1819. Il y a dans le volume pour 1851, p. 492, une table de ces notices jusqu'à la date.

3180. **Harding, C. L. & Wiesen. G.** Kleine astronomische Ephemeriden; 6 vol. 8°, Göttingen, années 1830-1835.

3181. **Colla, A.** Giornale astronomico ad uso comune con appendice di notizie astronomiche e meteorologiche; 9 vol. 12°, Parma, années 1834-1842.

Annuaire accompagné d'observations et de notices.

3182. Annuaire de l'Observatoire de Bruxelles; 49 vol. 12°, Bruxelles, années 1834-1882 ——.

3183. **Schumacher, H. C.** Jahrbuch; 8 vol. 8°, Stuttgart & Tübingen, années 1836-1844.

L'année 1842 n'a pas paru.

3184. **Gruithuisen, F. v. P.** Astronomisches Jahrbuch für physische und naturhistorische Himmelsforscher und Geologen; 11 vol. 8°, München, années 1839-1850.

Les années 1843 et 1844 sont réunies en un volume. On trouve des tables de matières pour les vol. I-VI dans le t. VII, 1846, p. 1 (complétée t. X, 1849, p. 167), et pour les vol. VII-XI à la fin du t. XI, 1850.

3185. **Boguslawski, P. H. L. von.** Uranus oder tägliche für Jedermann fassliche Uebersicht aller Himmelserscheinungen; 7 vol. 8°, Glogau & Breslau, années 1846-1852.

3186. **Littrow, C. L. von.** Kalender für alle Stände; 28 vol. 8°, Wien, années 1848-1875.

Cet annuaire avait été commencé en 1831 par *J. J. Littrow*, et continué, à partir de 1841, par *C. L. von Littrow*. Mais il n'a commencé à contenir des notices scientifiques qu'à compter de 1848, date au delà de laquelle il n'est pas nécessaire de remonter. — Une nouvelle série a été commencée avec l'année 1882, sans nom d'auteur, sous le titre : Astronomischer Kalender, nach den Muster des K. von Littrow'schen Kalenders, herausgegeben von k. k. Sternwarte; neue Folge.

3187. **Annuario** dell' Osservatorio di Napoli, o sia almanaco annuale che contiene in oltre particolari tavole utili e necessarie alla nautica, gnomonica, geografia e scienze affine; 26 vol. 8°, Napoli, années 1857-1882 ———.

3188. **Annuario** del Observatorio de Madrid; 23 vol. 16°, Madrid, années 1860-1882 ———.

§ 345. CONNAISSANCE DES INSTRUMENTS.

Nous n'avons pour but que d'indiquer ici les principaux ouvrages consacrés spécialement à la description des instruments d'astronomie. Nous reviendrons plus loin sur chaque espèce d'instrument en particulier. Il est bien entendu, du reste, qu'on trouvera également l'usage des instruments dans la plupart des grands traités d'astronomie (chap. I). Il y a aussi un grand nombre de descriptions spéciales dans les publications des Observatoires (chap. XXVIII).

On consultera, sur la construction et l'emploi des instruments modernes, les ouvrages suivants :

3189. **Le Monnier, P. C.** Description et usage des principaux instruments d'astronomie; fol., Paris, 1774.

Cet ouvrage fait partie de la grande Description des arts, publiée par l'Académie des sciences de Paris.

3190. **Magellan, J. H. de.** Collection de différents traités sur des instruments d'astronomie; 4°, Londres, 1780.

3191. **Pearson, W.** An introduction to practical astronomy; 2 vol. 4°, London, 1824-1829.

Le second volume de cet important et bel ouvrage contient le dessin ainsi que la description des instruments.

3192. **Struve, F. W. G.** Description de l'Observatoire central de Poulkova. Formant le vol. I, avec atlas, des Annales de l'Observatoire de Poulkova; fol., St. Pétersburg, 1845.

3193. **Heather, J. F.** A treatise on mathematical instruments; 8°, London, 1851.

3194. **Carl, P.** Principien der astronomischen Instrumentenkunde; 8°, Leipzig, 1863.

On trouvera l'histoire du progrès des instruments, pendant la période moderne, dans l'ouvrage de

3195. Dirksen, E. H. Historiae progressuum instrumentorum adumbratio; 4°, Gotingae, 1819.

Pour suivre les perfectionnements que les appareils reçoivent sans cesse, des mains des physiciens et des artistes, on consultera la publication périodique dont le titre suit :

3196. Schwirkus, G. Zeitschrift für Instrumentenkunde, Organ zur Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik; 8°, Berlin.

Un vol. par an. Le vol. I forme l'année 1881.

§ 346. INVENTION DU TÉLESCOPE.

En différents temps et dans différentes civilisations, on a eu recours à des tubes pour faciliter l'examen des objets éloignés. On diminue ainsi l'effet de la lumière diffuse latérale, et surtout l'on concentre mieux l'attention sur le point à considérer. Est-ce cette vision plus nette qui a fait dire à *Strabon* (Res geographicae [G], lib. III) qu'on voit plus grands les objets qu'on regarde à travers un tube?

Toujours est-il que l'usage de regarder par des tuyaux, simples, c'est-à-dire sans lentilles, ne manquait pas d'exemples. Ainsi *Wood* (Historia et antiquitates universitatis oxoniensis, 2 part. fol., Oxoniae; part. I, 1674, p. 136) cite un manuscrit, dans lequel on rapporte qu'à l'époque où il méditait sa descente en Angleterre, César examinait, du cap Gris-Nez, la côte opposée de la Manche, à travers un tube. Suivant l'examen du Talmud fait par Hermann *Adler*, on trouve aussi dans ce livre, au Ier ou au IIe siècle, la mention d'un tube pour voir les vaisseaux en mer à 2000 coudées.

Dans le Nouveau Monde, les indigènes faisaient usage de tubes pour distinguer plus nettement les objets lointains. Ce qu'on a appelé « telescopic device » des Indiens n'était pas autre chose qu'un tuyau formé d'un bâton de stéatite ou silicate de magnésie, de 20 à 30 centimètres de longueur. Ceux de ces tubes trouvés, en 1842 et 1843, dans un tumulus d'Elizabethtown, West Virginia, avaient 30 millimètres de diamètre extérieur. Un trou longitudinal de 20 millimètres de diamètre les traversait de part en part; mais à 1 centimètre environ de l'œil, le trou se rétrécissait jusqu'à ne conserver qu'une ouverture de 5 millimètres (*Schoolcraft,* dans les Transactions of the american ethnographical Society, 8°, New York; vol. I, 1845, p. 406). Un tube télescopique a été aussi découvert, plus récemment, chez les Péruviens (*Bollaert,* dans les Memoirs of the anthropological Society of London, 8°, London; vol. I, 1863, p. 210).

Les astronomes ont eu recours également à des tubes; mais c'était pour fixer avec plus d'exactitude la ligne de visée. A la sphère armillaire en laiton construite par l'astronome chinois *Tchang-hong,* l'an + 164, il y avait un tube pour viser aux astres (*Gaubil,* dans *Souciet,* Observations astronomiques... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; vol. II, 1732, p. 25). Au XIII[e] siècle, *Nassir-Eddin* se servait d'un appareil analogue dans son observatoire de Meragah (*Jourdain,* Mémoire sur l'Observatoire de Méragah ; 8°, Paris, 1810).

L'usage de ces tubes à viser s'était introduit en Europe, et les représentations qu'on en trouve dans les manuscrits, ont fait parfois penser, bien qu'erronément, qu'il s'agissait déjà du télescope. *Mabillon,* par exemple, était tombé dans cette erreur, lorsqu'il avait vu en Allemagne un manuscrit du XIII[e] siècle, dans lequel *Ptolémée* était représenté un tube à la main (*Mabillon, J.,* Vetera analecta, 4 vol. 8°, Parisiis; t. IV, 1685; p. 46. — Reproduit : *Mabillon,* Iter germanicum, 8°, Hamburgi, 1717; p. 54).

Toutefois, il ne serait pas impossible que l'on eût construit anciennement, comme objets exceptionnels, des réflecteurs grossissants, très-simples, analogues peut-être, sur une moindre échelle, au télescope « front-view » de *W. Herschel.*

Il paraît que les Arabes avaient sur le phare d'Alexandrie un miroir, fait, disait-on, de métal chinois, qui permettait de voir plus grands et avec plus de détails les vaisseaux naviguant au large (*Libri,* Histoire des sciences mathématiques en Italie, 4 vol. 8°, Paris; vol. I, 1838, p. 215). Le récit de la destruction de ce miroir nous a été laissé par *Benjamin* de Tudela, dont la narration est rapportée par *Charton* (Voyageurs anciens et modernes, 4 vol. 8°, Paris; vol. II, 1855, p. 216).

Le miroir appliqué à des usages analogues, qui existait à Raguse, au XVI[e] siècle, n'était donc pas, comme *Burattini* l'avait cru (*Libri,* op. cit., vol. I, p. 217), celui qui avait été établi à Alexandrie. Il y aurait eu, par conséquent, deux miroirs grossissants, antérieurs à l'invention proprement dite du télescope. On ignore complétement ce que le miroir de Raguse est devenu.

S'il a existé des exemples isolés de réflecteurs, il est permis de croire qu'il y en a eu également de réfracteurs. Mais ces cas isolés ne constituaient, suivant l'expression de *Brewster* (Treatise on optics, 12°, London, 1831, faisant partie de *Lardner's* Cabinet cyclopaedia; voir p. 466 et 468), que de simples expériences de curiosité.

Parmi ces vues en quelque sorte anticipées, il faut mentionner d'abord la description théorique fort remarquable de *Roger Bacon,* de 1265 (*R. Baco,* De secretis operibus artis et naturae, 4°, Parisiis, 1542; cap. v. — Aussi : Opus majus, fol., Londini, 1733; part. III, cap. 4, p. 357). Au XVI[e] siècle, l'idée vint tour à tour de plusieurs côtés. En 1535, *Fracastoro* donna la description d'une combinaison de deux lentilles concaves, dont il n'entendait faire cependant que de fortes besicles (*Fracastorius,* Homocentricorum sive de stellis liber, 4°, Venetiis, 1535; sect. II, cap. 8; sect. III, cap. 23). On sait que les besicles pour aider la vue étaient connues depuis 1166 (JdS_1, 1782, 181). Cependant *Glorioso,* qui fut le successeur de *Galilée* à l'université de Padoue, rapporte qu'au commencement du XVI[e] siècle, le pape Léon X se servait d'une espèce de télescope, à l'aide duquel il voyait mieux les objets

éloignés, « perspicillum possedisse certum est, » nous dit-il (*Gloriosus, J. C.*, De cometis dissertatio astronomico-physica, 4°, Venetiis, 1624; p. 259). Mais voici d'autres faits précis, et que l'on peut aisément vérifier.

J. Dee, en publiant, en 1570 une édition d'*Euclide*, parle fort clairement d'une combinaison de verres applicable au grossissement des objets distants (*Dee, J.*, Euclidis elementorum geometricorum libri XV, fol., Londini, 1570 ; praef.). Bientôt après, *Porta*, dans la grande édition de sa Magia naturalis, explique la construction théorique d'un véritable télescope (*Porta*, Magia naturalis, fol., Neapoli, 1589; lib. XVII, cap. 10). Puis vient enfin l'indication non moins positive de *T. Digges*, d'après les notes de son père *L. Digges* (A geometrical practical treatise named pantometria, 4°, Londini, 1591 ; pref.).

Tels furent les termes précurseurs de l'invention du télescope. De ces expériences de curieux, nous allons passer maintenant à la réalisation de l'instrument usuel.

Il est certain qu'en 1607 et 1608, on s'occupait en Hollande, de plusieurs côtés, de l'exécution pratique des longues-vues. C'est à tort qu'on a voulu remonter plus haut que cette date. *A. von Humboldt* a établi (**Humboldt, Kos, II, 1847, 356** (**Cos, II, 1848, 380**)) que la découverte dont parle *Borel,* faite en 1590, par hasard, par le fils de Zacharias *Jansen* (*Janszoon*), lunettier de Middelbourg, d'une combinaison de deux verres qui procurait un grossissement, était non pas celle du télescope, mais celle du microscope composé.

Hans *Lippershey,* autrement *Laprey,* de Wesel, établi lunettier dans la même ville de Middelbourg, s'adressa, en 1608, aux Etats Généraux bataves, pour obtenir un privilége ou brevet. Les procès-verbaux relatent que cette demande fut considérée le 2 octobre 1608. Avant de prendre une décision, les États Généraux demandaient que l'instrument fut jumellé, demande à laquelle *Lippershey* satisfit, le 15 décembre suivant, en envoyant un instrument binocle.

Mais, dans l'intervalle, le 17 octobre 1608, *Adriaanszoon,* plus connu sous le nom de Jakob *Metius,* fils de l'inspecteur général des forteresses, présenta, de son côté, pour le même objet, une demande de brevet, justifiée par la priorité qu'il attribuait à ses recherches. Il prétendait que ses essais remontaient à deux années, et qu'il en avait montré de premiers résultats à Maurice *de Nassau.*

La question revint aux États le 13 février 1609. L'assemblée refusa le brevet demandé par *Lippershey,* attendu que ce pétitionnaire n'était pas seul à construire le nouvel instrument.

On verra sur ces documents officiels :

5197. **Moll, G.** Geschiedkundig onderzoek naar de eerste uitfinders der verrekijkers; 8°, Amsterdam, 1831.

C'est sur les indications vagues qu'il reçut de la nouvelle invention, que *Galilée,* alors à Venise, retrouva, en mai 1609, la disposition de la lunette d'approche (*Galileus,* Sydereus nuncius, 1610; édit. 8°, Francofurti, 1611, p. 4. — **Galilei, Ope, éd. Milano, IV, 1810, 505; éd. Firenze, III, 1845, 62**).

Les premiers grossissements employés par *Galilée* étaient environ 3, 8 et 30. Le premier instrument qu'il tourna vers le ciel grossissait de 7 diamètres (*Arago,* dans **Paris, ABL, 1844, 381**).

Le mot « télescope » fut formé, dès 1611, par *Remisciamus,* grec, membre de la Société des Lincei (*Lagalla,* De phaenomenis in orbe Lunae, 4°, Venetiis, 1612; n° 2, cap. 1. — Reproduit : **Galilei, Ope, III, 1843; voir p. 334**). Les termes « objectif » et « oculaire » parurent pour la première fois dans *de Rheita* (Oculus Enoch et Eliae, fol., Antuerpiae, 1645; part. I, p. 351).

Les premiers télescopes dont il soit fait mention sont indiqués aux dates suivantes :

Automne 1608. Un Belge (Belga) offre une longue-vue à Fuchs de Beinbach, conseiller du margrave d'Anspach (*S. Mayer,* Frankischer Kalender für das Jahr 1612; 8°, Nürnberg, 1612).

28 décembre 1608. Le président *Jeannin,* envoyé de France près les Provinces-Unies, écrit à *Sully* qu'il s'entend avec le lunettier de Middelbourg [*Lippershey*], pour procurer une longue-vue au roi Henri IV (*Jeannin,* Les négociations, suivies des œuvres mêlées; fol., Paris, 1656).

Mai 1609. Un orfèvre de Bruxelles a des longues-vues en vente (Ciel et Terre, revue populaire d'astronomie et de météorologie, 8°, Bruxelles; vol. III, 1882, p. 25).

Mai 1609. *Galilée* se construit un télescope (Sydereus nuncius, p. 4. — **Galilei, Ope, III, 1843, 62**).

Janvier 1610. *S. Marius* [*Mayer*] parvient avec peine à se procurer une lunette des Pays-Bas (loc. cit.).

Février 1610. *J. Fabricius* commence à se servir d'un télescope (*J. Farbicius,* De maculis in Sole observatis; 4°, Wittembergae, 1611).

Avril 1610. *Képler* se procure un télescope (*Keplerus,* Dissertatio cum nuncio sidereo, 1610; 2e édit., 8°, Francofurti, 1611).

Mars 1611. *Scheiner* construit un télescope ([*Apelles*], Epistota de maculis solaribus; 4°, Augustae Vindelicorum, 1612).

Indépendamment de l'ouvrage spécial de *Moll*, cité tout à l'heure sous le n° 3197, les sources, pour l'histoire de l'invention du télescope, sont :

3198. **Sirturus, H.** De origine et fabrica telescopiorum; 4°, Francofurti, 1618.

3199. **Descartes, R.** Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, 4°, Leyde, 1637; voir la Dioptique.

3200. **Borel[lus], P.** De vero telescopii inventore; 4°, Hagae Comitum, 1655.

3201. **Lahire, P. de.** Recherche des dates de l'invention des lunettes d'approche. **Paris, H & M, 1717, 78.**

3202. **Roger, F.** Dissertation on the knowledge of the ancients in astronomy, and optical instruments; 8°, London, 1755.

3203. **Fiedler.** Zur Geschichte der Erfinder der Fernröhre. Dans Programm des Gymnasiums zu Leobschütz; 4°, Leobschütz, 1843.

3204. **Martin, T. H.** Sur des instruments d'optique faussement attribués aux anciens par quelques savants modernes. **BdB, IV, 1871, 165.**

§ 347. RÉFRACTEURS ET RÉFLECTEURS.

Le réfracteur de *Galilée* fut successivement perfectionné, par des améliorations apportées à l'oculaire, puis à l'objectif.

Képler proposa dès 1611 l'oculaire convexe (*Keplerus,* Dioptice; 4°, Augustae Vindelicorum, 1611; § 86. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 549**); mais ce fut apparemment *Scheiner* (Rosa ursina, 4°, Bracciani, 1630; p. 130) qui s'en servit le premier. Plus tard, *Ramsden* augmenta le pouvoir des instruments en construisant des oculaires doubles (**London, PTr, 1783, 94**).

Les conditions des oculaires furent discutées par *J. J. Littrow* (Zeitschrift für Physik und Mathematik, herausgegeben von *A. Baumgartner* & *A. von Ettingshausen,* 8°, Wien; vol. IV, 1828, p. 17). Peu à peu l'usage des oculaires achromatiques se répandit (**ANn, XV, 1838, 17; XVIII, 1841, 14**).

Le plus grand inconvénient provenait de l'objectif, qui entourait les images de bandes colorées. La première conception de l'achromatisme fut due à *L. Euler,* qui,

dans le mémoire dont le titre suit, proposa de former l'objectif avec de l'eau, placée entre deux pelures de verre :

5205. Euler, L. Sur la perfection des verres objectifs des lunettes. **Berlin, H & M, 1747, 274.**

Mais les essais entrepris dans cette direction ne réussirent pas (**Lalande, Ast_2, II, 1771, 756; Ast_3, 1792, 574**).

L. Euler établit alors les conditions mathématiques de l'achromatisme, pour des verres ayant des indices de réfraction différents :

5206. Euler, L. Recherches physiques sur la diverse réfrangibilité des rayons de lumière. **Berlin, H & M, 1754, 200.**

Le problème fut traité ensuite d'une manière plus pratique par

5207. Klingenstierna, S. Anmärkning vid brytnings-lagen af sär skilta slags lius-strälar, dä de gä et genom skinande medel in i ätskilliga andra. **Stockholm, Hdl_1, 1754, 297 (Hdl_1', 1754, 300).**

En ce qui touche la démonstration expérimentale, *J. Dollond* fit voir, à l'aide de prismes d'eau et de verre, qu'un rayon de lumière peut être dévié sans dispersion (**London, PTr, 1758, 733**). Sa patente pour un télescope achromatique est du 19 avril 1758. Mais dans un procès que son fils intenta à un autre opticien, il fut établi que, dès 1733, C. Moor *Hall* faisait, pour son usage, de vrais télescopes achromatiques. Un de ces télescopes existait encore en 1790 (The gentleman's magazine and historical chronicle, 8°, London ; année 1790, article signé Veritas. — Comparez **London, MNt, XXVIII, 1868, 202**). Cette réalisation était antérieure aux suggestions mêmes de *L. Euler*.

Sur la théorie de l'achromatisme des lunettes, on peut indiquer les ouvrages et mémoires suivants :

5208. Clairaut, A. C. Mémoire sur les moyens de perfectionner les lunettes d'approche. **Paris, H & M, 1756, 380; 1757, 524; 1762, 578.**

5209. Klingenstierna, S. Tentamen de definiendis et corrigendis aberrationibus radiorum luminis in lentibus sphaericis refracti, et de perficiendo telescopio dioptrico; 4°, Petropoli, 1762.

Travail couronné par l'Académie de Pétersbourg.

3210. Alembert, J. L. d'. Nouvelles recherches sur les verres optiques. Paris, H & M, 1764, 75; 1765, 53; 1767, 43.

Ces mémoires sont repris, avec plus ou moins de développement, dans les tom. III-VIII de ses Opuscules mathématiques; 8 vol. 4°, Paris, 1761-1780.

3211. Euler, L. Précis d'une théorie générale de la dioptique. Paris, H & M, 1765, 555.

3212. Euler, L. Méthode pour porter les objectifs à un plus haut degré de perfection. Berlin, H & M, 1766, 202.

3213. Boscovich, R. J. De recentibus compertis pertinentibus ad perficiendam dioptricam. Bononia, V, I, 1767, 169. — Reproduit: Boscovich, Opa, II, 1785, 101.

3214. Euler[us], L. Dioptrica; 3 vol. 4°, Petropoli, 1769-1771.

Voir notamment, vol. II, 1770, p. 41.

3215. Fuss, N. Instruction pour porter les lunettes au plus haut degré de perfection; 4°, St. Pétersbourg, 1774.

Traduction.

Anweisung wie alle Arten von Fernröhren in möglischter Vollkommenheit zu verfertigen sind (par *G. S. Klügel*); 4°, Leipzig, 1778.

3216. Littrow, J. J. Dioptrik; 8°, Wien; 1830.

La théorie des réfracteurs est donnée p. 485.

3217. Biot, J. B. Sur les lunettes achromatiques à oculaires multiples. Paris, Mém$_2$, XIX, 1845, 3.

3218. Herschel, J. F. W. Telescope; 4°, London, 1860.

Article de l'Encyclopaedia Britannica.

3219. Verdet, E. Leçons d'optique physique, publiées par *Levistal;* 2 vol. 8°, Paris, 1869-1870.

3220. Kruss, H. Ueber die Achromasie optischer Apparate. ANn, XC, 1877, 241.

L'idée première de *L. Euler* de réaliser l'achromatisme en employant une lentille fluide, a été reprise plusieurs fois, sans donner de résultat décisif.

En 1806, *P. H. de Girard* avait montré à l'Exposition de Paris un télescope à lentille fluide (*Poggendorff,* Biographisch-literarisches Handwörterbuch, 2 vol. 8°, Leipzig; vol. I, 1863, p. 903. — *Mädler,* Geschichte der Himmelskunde, 2 vol. 8°, Braunschweig; vol. II, 1873, p. 68). *Barlow* a conçu tous les détails d'un instrument du même genre (**London, PTr, 1828, 105**), qui fut exécuté par *G. Dollond.* L'ouverture était de 20 centimètres, avec une longueur focale de 2ᵐ,7 (**London, PTr, 1833, 1**).

Afin d'asseoir une opinion sur cette innovation, on fera bien de lire les rapports d'*Airy*, J_1. *Herschel* et *W. H. Smyth*, à la Société royale de Londres, au sujet du télescope dont nous venons de parler. Ils sont insérés dans les Abstracts of the papers printed in the Philosophical transactions of the Royal Society of London, 6 vol. 8 London; vol. III, 1833, p. 245-247.

Avant l'invention des lentilles achromatiques, on avait été conduit à faire des réfracteurs à très-long foyer, afin de diminuer les effets de l'aberration de réfrangibilité. *Campani* avait été l'un des premiers à entrer dans cette voie. C'est avec une lentille de cet artiste, de 30ᵐ de longueur focale, que *J. D. Cassini* découvrit, en 1684, les deux satellites de Saturne, Dione et Tethys (*Cassini, J. D.*, Nouvelle découverte des deux satellites de Saturne les plus proches; 4°, Paris, 1686. — Reproduit : **Paris, His, X, 1730, 694**). On peut voir sur un des télescopes de *Campani* une note de *J. Williams* (**London, MNt, XXX, 1870, 188**). *Huygens* a fait, en 1687, des objectifs qui avaient jusqu'à 64ᵐ de foyer (**Paris, His, X, 1730, 32**).

Depuis l'invention des lentilles achromatiques, c'est surtout des ouvertures que l'on s'occupe, afin d'augmenter la clarté. A ce point de vue, les plus grands réfracteurs existants sont les suivants :

A l'Observatoire impérial de Vienne : ouverture 0ᵐ,70; foyer 9ᵐ,7; par *Grubb.*

A l'Observatoire de Mount Hamilton, Californie : ouverture 0ᵐ,68; foyer 10ᵐ,0; par *A. Clark.*

A l'Observatoire naval des États-Unis à Washington : ouverture 0ᵐ,65; foyer 9ᵐ,95; par *A. Clark.*

A l'Observatoire particulier de *Newall*, à Gateshead, près New-Castle-on-Tyne : ouverture 0ᵐ,63; foyer 9ᵐ,0; par *Cook & fils.*

A l'Observatoire de l'université de Strasbourg : ouverture 0ᵐ,47; foyer 7ᵐ,1; par *S. Merz.*

A l'Observatoire de Dearborn University, à Chicago : ouverture $0^m,47$; foyer $7^m,0$; par *A. Clark.*

A l'Observatoire particulier de *Van der Zee* à Buffalo, État de New York : ouverture $0^m,45$; foyer $7^m,0$; par *Fitz.*

A l'Observatoire central de Russie à Poulkova : ouverture $0^m,40$; foyer $7^m,1$; par *S. Merz.*

A l'Observatoire particulier de *Crawford* [*Lindsay*], à Dun Echt près Aberdeen : ouverture $0^m,40$; foyer $6^m,8$; par *Grubb.*

A l'Observatoire particulier de *W. Huggins*, à Upper Tulse Hill, près Londres : ouverture $0^m,40$; foyer $6^m,8$; par *Grubb.*

A l'Observatoire de Harvard College, à Cambridge près Boston, États Unis d'Amerique : ouverture $0^m,38$; foyer $6^m,9$; par *Merz & Mahler.*

Au Washburn Observatory de Madison, État de Wisconsin : ouverture $0^m,38$; foyer $6^m,0$; par *A. Clark.*

A l'Observatoire national de Paris : ouverture $0^m,38$; foyer $7^m,0$; par *Secretàn & Eichens.*

A l'Observatoire de l'État à Bruxelles : ouverture $0^m,38$; foyer $6^m,1$; par *S. Merz.*

A l'Observatoire de l'État à Lisbonne : ouverture $0^m,37$; foyer $6^m,0$; par *Merz & Mahler.*

A l'Observatoire de Hamilton College, à Clinton, État de New York : ouverture $0^m,34$; foyer $4^m,9$; par *Spencer & Eaton.*

A l'Observatoire de la marine, à San Fernando près Cadix : ouverture $0^m,33$; foyer..? par *Brunner.*

A l'Observatoire de l'université d'Allegheny City, État de Pennsylvanie : ouverture $0^m,33$, foyer $4^m,6$; par *A. Clark.*

A l'Observatoire Dudley, à Albany, État de New York : ouverture $0^m,33$; foyer $4^m,0$; par *Fitz.*

A l'Observatoire national de Paris : ouverture $0^m,32$; foyer $5^m,5$; par *Lerebours & Secretan.*

A l'Observatoire royal de Greenwich : ouverture $0^m,32$; foyer $5^m,6$; par *Troughton & Simms.*

A l'Observatoire de Trinity College, à Dunsink, près Dublin : ouverture $0^m,32$; foyer $6^m,0$; par *Cauchoix.*

A l'Observatoire de l'université de Michigan, à Ann Arbor : ouverture 0m,32; foyer 5m,2; par *Fitz*.

A l'Observatoire de l'université de Cambridge, Angleterre : ouverture 0m,31; foyer 6m,1; par *Cauchoix*.

A l'Observatoire de l'université d'Oxford, Angleterre : ouverture 0m,31; foyer 5m,5; par *Grubb*.

A l'Observatoire de la Société astronomique de Cincinnati, État de Ohio : ouverture 0m,30; foyer 5m,2; par *Merz & Mahler*.

Tous les autres réfracteurs dont les dimensions nous sont connues sont inférieurs, par l'ouverture, à 30 centimètres.

La première idée du réflecteur est dans *Zucchi* (Optica philosophica, 2 vol. 4°, Lugduni; vol. I, 1652, cap. XIV, p. 126), qui paraît l'avoir eue en 1616, sans l'avoir mise à exécution. La construction de l'instrument est indiquée théoriquement dans des lettres de *Mersenne* à *Descartes* de 1639 (*Descartes, R.*, Lettres; 2 vol. 8°, Paris; vol. II, 1659, nos 29, 32). *J. Gregory* la donna de nouveau; il a laissé son nom au système formé de deux miroirs concaves, avec l'oculaire au centre du grand miroir :

3221. Gregory, J. Optica promota seu abdita radiorum reflexorum et refractorum mysteria geometrice enucleata; 4°, Londini, 1663.

Mais ses essais pratiques ne réussirent pas.

Newton songea alors à une combinaison un peu différente, qui a également conservé le nom de son auteur, et dont il s'occupa à partir de 1666. Il présenta à la Société royale de Londres un télescope où l'on regarde par le côté, qui existe encore, et qui porte gravé le millésime de 1671. Le mémoire dans lequel il rend compte de son invention a pour titre :

3222. Newton, I. An account of a new catadioptrical telescope. **London, PTr, 1672, 4004.**

Cassegrain substitua plus tard un miroir convexe au miroir concave, pour le petit miroir du télescope grégorien (**JdS$_1$, 1672,** n° v, p. **44** de la réimpr.). Ce système a pris aussi le nom de l'inventeur. Il a l'avantage de diminuer la longueur de l'instrument.

Enfin une disposition nouvelle fut imaginée par *J. Lemaire*, en 1732, celle qui consiste à regarder directement avec l'oculaire dans le miroir objectif (Machines et inventions approuvées par l'Académie des sciences, 7 vol. 4°, Paris; t. VI, 1735).

C'est cette disposition que *W. Herschel* a reprise en la désignant sous le nom de « front-view » (**London, PTr, 1786, 457**).

On faisait alors les miroirs de télescope en métal. A une époque plus récente, *Airy* avait proposé de remplacer le métal par du verre argenté (**Cambridge, Tra, II, 1827, 105**). Mais cette idée attendait *Foucault* pour sa réalisation pratique (**Paris, Crh, XLIV, 1857, 339**).

Ce fut *W. Herschel* qui donna, le premier, aux réflecteurs, de grandes dimensions. Il monta, en 1787, son télescope de 1^{m},47 d'ouverture et de 12^{m} de longueur focale (**London, PTr, 1795, 347**). A l'aide de cet immense instrument, il découvrit les deux satellites de Saturne, Mimas et Enceladus (**London, PTr, 1790, 10**). Mais les miroirs métalliques s'altèrent malheureusement avec le temps.

Après les grands miroirs de *Ramage* (**London, MAS, II, 1826, 413**), qui n'ont rien produit, et celui de *W. P. of Rosse*, de 1^{m},8 (**British Assoc, Rep, 1844, 79**), qui a servi à son auteur pour faire d'intéressantes recherches sur les nébuleuses (§ 340, n°s 3089-3091), on ne peut citer, en fait de grands réflecteurs, que les instruments qui suivent :

A l'Observatoire particulier de *Lassell* à Starfield, près Liverpool : ouverture 1^{m},22; foyer 11^{m},4; par *Lassell.* — Miroir en métal; télescope newtonien.

A l'Observatoire de l'État à Melbourne, Australie : ouverture 1^{m},22; foyer 8^{m},5; par *Grubb.* — Miroir en métal; télescope cassegrainien.

A l'Observatoire national de Paris : ouverture 1^{m},20; foyer 6^{m},8; par *Martin.* — Miroir en verre argenté; télescope newtonien.

A l'Observatoire de l'État à Marseille : ouverture 0^{m},80; foyer 4^{m},8; par *Foucault.* — Miroir en verre argenté; télescope newtonien.

A l'Observatoire de l'État à Toulouse : ouverture 0^{m},70; foyer 4^{m},8; par *Foucault.* — Miroir en verre argenté; télescope newtonien.

A l'Observatoire particulier de *H. Draper* à Dobbs Ferry, État de New York : ouverture 0^{m},70; foyer 4^{m},5; par *H. Draper.* — Miroir en verre argenté; télescope cassegrainien.

A l'Observatoire particulier de *Lassell*, déjà mentionné : ouverture 0^{m},61; foyer 6^{m},1; par *Lassell.* — Miroir en métal; télescope newtonien.

Tous les autres réflecteurs connus ont moins de 60 centimètres d'ouverture.

Buffon a été le premier à remarquer qu'à égalité d'ouverture, les miroirs donnent moins de lumière que les lentilles (**Paris, H & M, 1747, 82**). *Bailly* renouvela cette observation (**Paris, H & M, 1771, 631**). La comparaison de ces deux classes d'instruments a été l'objet, dans ces derniers temps, des remarques de différents observateurs, notamment de *T. W. Webb* (**ARr, VII, 1869, 21**), de *Grover* (**ARr, VII, 1869, 23, 65**) et de *Buffham* (**ARr, VII, 1869, 158**).

Suivant *Secchi* (Le stelle, 8°, Milano, 1878; p. 56), les réfracteurs permettent d'apercevoir, d'après leur ouverture, les étoiles jusqu'aux magnitudes suivantes :

Ouvertures en millimètres. . . .	25	50	75	100	200	225	250
Magnitudes	8,1	9,9	10,6	11,3	12,9	13,2	13,4

Pour les réflecteurs il faut augmenter l'ouverture dans le rapport de 3 à 5 environ.

Nous citerons, au sujet de la comparaison entre les réfracteurs et les réflecteurs, l'ouvrage suivant :

5223. **Thornthwaite, W. H.** Hints on reflecting and refracting telescopes; 8°, London. — 3e édit., 1877; 4e édit., 1880.

§ 348. RÉTICULE ET MICROMÈTRES DIVERS.

Gascoigne eut, en 1640, l'heureuse idée de placer des fils au foyer des lunettes, et rendant mobile l'un de ces fils, au moyen d'une vis, il put mesurer dans le champ les distances entre les objets (**London, PTr, 1667, 161, 195; 1717, 603**). Cette invention fut reprise séparément par *Auzout*, en 1666 (*Auzout*, Du micromètre, manière exacte pour prendre le diamètre des planètes; 4°, Paris, 1667. — Reproduit: **Paris, His, VII, 1729, 118**). A la mort d'*Hevelius*, arrivée en 1687, *Hecker*, son légataire, trouva parmi les objets qu'il avait laissés, un micromètre à fils parallèles, dont on pouvait faire varier la distance au moyen d'une vis (**Lipsia, AcE, 1708, 123**). *Roemer* se servait aussi d'un micromètre semblable (*Horrebow*, P_1, Basis astronomiae, 4°, Hafniae, 1735; cap. XIII, p. 114). A une époque plus récente, *Smeaton* rendait les deux fils mobiles, au moyen de deux vis indépendantes, et l'oculaire pouvait se déplacer (**London, PTr, 1787, 318**).

Le micromètre filaire a rendu trop de services à l'astronomie, il a été employé dans un trop grand nombre de mesures délicates, pour qu'il soit nécessaire d'insister sur son importance.

Malvasia construisit, en 1662, le premier réticule à réseau (*Malvasia*, Ephemerides novissimae motuum coelestium a 1661 ad 1666; fol., Mutinae, 1662). Il l'avait composé de fils d'argent.

Les premiers fils employés par les astronomes français avaient été de la soie (*Picard,* Ouvrages de mathématique; 4°, Amsterdam, 1736) ou des cheveux (*Dechales,* Cursus seu mundus mathematicus, 3 vol. fol., Lugduni, 1674; Dioptrica, lib. II, prop. 59. — Aussi *Picard,* dans **Paris, H & M, 1717, 72**). Felice *Fontana* imagina, en 1775, de remplacer les fils de métal, alors en usage, par des fils d'araignée (*Fontana, Fel.*, Saggio del gabinetto di fisica e di storia naturale de Firenze; 4°, Roma, 1775). *W. H. Wollaston* fit plus tard des fils en platine, étirés dans une chemise en or, et débarrassés ensuite de leur gaîne par l'eau régale, qui n'avaient que 0,001 4 millimètre de diamètre (**London, PTr, 1813, 114**).

C'est peut-être le lieu d'ajouter que *Bessel* a trouvé insensible la flexion des fils horizontaux de ses micromètres (**Königsberg, Beo, VI, 1820, 20**).

Au lieu des fils parallèles, à distance variable, *Huygens* employait un coin, qui lui permettait de choisir l'épaisseur propre à couvrir exactement l'objet à mesurer (*Hugenius,* Systema saturnium; 4°, Hagae Comitis, 1659, p. 82. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, vol. II, p. 594). Mais cette construction n'a pas prévalu.

J. D. Cassini l'a remplacée par un triangle formé de fils (**London, PTr, 1696, n° 236**). Ce fut le principe des micromètres rhomboïdaux qui ont été employés par la suite, et dont *Bradley* et *La Caille,* en particulier, ont fait un si important usage.

Il y a des formules pour la réduction des observations faites à l'aide des réticules triangulaires ou rhomboïdaux, dont il faut que l'orientation soit contrôlée. Parmi ces formules, nous citerons :

3224. **Zanotti, E.** De micrometri cujusdam ratione. **Bononia, Cii, II, I, 1745, 441; II, 1746, 347; III, 1748, 75.**

3225 **Boscovich, R. J.** De rhombo micrometrico pro corrigendo effectu ejus positionis obliquae. **Boscovich, Opa, IV, 1785, 395.**

3226. **Wollaston, F.** A description of a new system of wires in the focus of a telescope. **London, PTr, 1785, 346.**

Une autre disposition due à *Huygens*, et qui a rendu de grands services, est celle de l'anneau, un peu moindre que le champ de l'instrument, par lequel on observe des passages, en tenant la lunette immobile. C'est le micromètre circulaire (*Hugenius,* Systema saturnium; 4°, Hagae Cometis, 1659; p. 81. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugdini Batavorum, 1724, vol. II, p. 593). *Fraunhofer* a voulu perfectionner cet appareil, en incrustant l'anneau opaque dans une plaque de verre (**ANn, II, 1824, 361**).

On peut rappeler ici qu'*Hevelius* recevait l'image du Soleil par projection, sur un carton couvert de cercles concentriques, qui lui donnaient, par exemple, à chaque instant d'une éclipse, la mesure proportionnelle de la phase (*Hevelius,* Selenographia seu Lunae descriptio, fol., Gedani, 1647; p. 102). *Zahn* avait même proposé (Oculus artificialis teledioptricus, fol., Herbipoli, 1686; fund. III, synt. IV, cap. 2, § 1) de recevoir l'image focale sur une plaque de verre, afin de pouvoir dessiner les objets célestes, par exemple les taches de la Lune.

La réduction des observations faites au micromètre circulaire ou annulaire est d'une grande simplicité et se trouve exposée dans les traités. Nous citerons seulement ici une note de *Kobold*, où l'on trouvera les formules pour passer directement de ces observations à l'angle de position entre les deux astres :

5227. Kobold, H. Das Positionringmikrometer. Copernicus, an international journal of astronomy, 4°, Dublin; vol. I, 1881, p 187.

On pouvait du reste mesurer directement l'angle de position, au moyen de fils, en donnant à l'un de ceux-ci un mouvement angulaire sur l'autre. Ce micromètre passait, dans le siècle dernier, sous le nom de *Short* (*Delambre*, Histoire de l'astronomie du XVIII[e] siècle, 4°, Paris, 1827; p. 200); mais je n'ai pas trouvé la description originale. *W. Herschel* a vulgarisé cet instrument, en l'appliquant à ses mesures d'étoiles doubles (**London, PTr, 1781, 500**).

Tobie *Mayer* marquait sur une plaque de verre des raies parallèles, en y appliquant un linge humide, qu'il retirait lorsqu'il était sec (Kosmographische Nachrichten und Sammlungen; 8°, Göttingen, 1750. — Comparez : *Mayer, T.*, Opera inedita, 4°, Gotingae, 1775; p. 105 et *Kaestner*, Astronomische Abhandlungen, 2 vol. 8° Göttingen; vol. II, 1774, p. 275). L'artiste *Brander*, d'Augsbourg, apporta plus de perfection dans l'exécution de ces plaques : il traça les raies au diamant (*Brander*, Polymetroscopium dioptricum; 8° Augsbourg, 1764. — Aussi : *Lambert, J. H.*, Anmerkungen über die Branderschen Micrometer; 8°, Augsburg, 1769).

Avant de passer aux micromètres à double image, il nous reste à mentionner le micromètre à lampe, imaginé par *W. Herschel* (**London, PTr, 1782, 163**).

Il paraît que c'est *Römer* qui, à la fin du XVII[e] siècle, eut, le premier, l'idée d'employer conjointement deux objectifs (*Horrebow, P_1*., Basis astronomiae, 4°, Hafniae, 1735; p. 88). Mais il les plaçait l'un devant l'autre, et n'avait encore pour

but que de faire varier, en les écartant plus ou moins, les dimensions de l'image, de manière à ramener celle-ci entre des repères fixes. Cette idée fut également présentée, en 1701, par *P. de Lahire* (**Paris, H & M, 1701, 117**).

La conception première de l'héliomètre proprement dit appartient à *Savery*, qui l'exposa dans une communication à la Société Royale de Londres, de 1743 (**London, PTr, 1753, 167**). Toutefois sa note n'ayant été publiée que dix ans plus tard (**ibid., 1753, 165**), ce fut *Bouguer* qui répandit le premier la connaissance de cet instrument (**Paris, H & M, 1748, 11**). L'appareil qu'il avait conçu avait deux objectifs entiers. *J. Dollond* y fit un progrès marqué en coupant, suivant un de ses diamètres, la lentille négative (**London, PTr, 1753, 178**). La modification apportée par *Jeaurat*, dans la lunette qu'il appelait diplantidienne, et qui avait pour but de fournir une image droite et une renversée (**Paris, H & M, 1779, 25**), n'a pas eu de suites. Mais l'instrument reçut enfin, en 1830, une forme pratique des mains de *Fraunhofer*, qui coupa l'objectif tout entier (**ANn, VIII, 1831, 597. — Reproduit : Bessel, Abh, II, 1876, 95**).

On peut consulter, sur la théorie de l'héliomètre :

3228. Bessel, F. W. Theorie des Heliometers. **Königsberg, Beo, XV, 1831, V; XVII, 1835, iv.**

L'idée de dédoubler l'image au moyen d'un appareil auxiliaire est venue, à peu près simultanément, à *Boscovich* (**London, PTr, 1777, 789. — Reproduit : Boscovich, Opa, II, 1785, 315**) et à *Rochon* (**Paris, H & M, 1777, bis, 64**). *Boscovich* (l. c.) emploie deux prismes d'un très-petit angle, taillés circulairement, et centrés l'un sur l'autre. *Rochon* interpose un cristal à double réfraction, entre l'objectif et l'oculaire (*Rochon, de*, Recueil de mémoires sur la mécanique et la physique, 8°, Paris, 1783; p. 170). *Maskelyne* proposa, de son côté, de dédoubler l'image par deux prismes opposés pointe à pointe (**London, PTr, 1777, 799**).

Arago, qui trouvait avec raison de grands avantages à opérer par contact des images, fit construire un jeu de prismes doubles biréfringents, qu'il appliquait à l'oculaire, et dans lequel il choisissait ceux qui séparaient exactement les deux images, rendues achromatiques (**Paris, Crh, XXIV, 1847, 400. — Reproduit : Arago, OEu, XI, 1859, 225. — En allemand : AFC$_1$, LXXI, 1847, 405**). Ses essais remontent à 1814.

Amici coupait une lentille intermédiaire entre l'objectif et l'oculaire (Memorie di matematica e di fisica della Società italiana delle scienze, 4°, Modena; vol. XVII, 1815, p. 344. — Comparez **Cas, IX, 1823, 517**). L'idée paraît remonter à un suédois nommé *Collin*, dont a parlé *Nicander* (**BaJ, 1798, 257**). Elle a été reproduite, avec peu de modification, par *von Steinheil* (Gelehrte Anzeigen herausgegeben von Mitgliedern der Baierischen Akademie, 4°, München; vol. XVI, 1843, p. 329. — Reproduit : Bulletin der Akademie der Wissenschaften zu München, 4°, München; année 1843, p. 129).

Clausen proposait deux lames de verre, qui ne donnent qu'une image lorsqu'elles sont dans le même plan, mais qui en donnent deux lorsque les plans s'inclinent l'un

sur l'autre (**ANn, XVIII, 1841, 95**). C'est le même principe que *B. Powell* (**London, MNt, VII, 1847, 24**), *Porro* (**Paris, Crh, XLI, 1855, 1058**) et *Secchi* (**Paris, Crh, XLI, 1855, 906**) ont reproduit après lui.

Airy proposait la duplicité de l'image en coupant une lentille de l'oculaire (**London, MAS, XV, 1846, 199**).

Lamont mettait entre l'objectif et l'oculaire, au lieu des deux prismes de *Boscovich* ou de *Maskelyne*, un seul prisme, présentant aux rayons une face d'entrée normale, d'où ceux-ci émergent par les deux faces inclinées (Jahrbuch der Sternwarte bei München, 12°, München; année 1858, p. 10).

La théorie mathématique du micromètre de *Rochon* a été donnée par

5229. **Erman, A.** Ueber die Anwendbarkeit der doppelten Strahlenbrechung bei astronomischen Beobachtungen. **ANn, LVII, 1862, 273.**

Le dernier progrès réalisé dans la construction des micromètres est l'adaptation d'un appareil enregistreur, qui dispense de faire immédiatement les lectures. La description d'un de ces enregisteurs a été donnée par *H. C. Vogel* (Zeitschrift für Instrumentenkunde, 8°, Berlin; vol. I, 1881, p. 391). Un enregistreur de *J. A. Repsold* imprime les chiffres mêmes des lectures (ibid., vol. I, 1881, p. 282).

Il y a une bibliographie des écrits relatifs au micromètre :

5230. **Carl, P.** Literatur über Mikrometer. Dans ses Principien der astronomischen Instrumentenkunde, 8°, Leipzig, 1863; p. 161.

Tout ce qui concerne l'éclairage des réticules est réservé pour le § suivant.

§ 349. ACCESSOIRES DU TÉLESCOPE.

Nous comprenons ici les dispositifs qui ont pour objet soit d'illuminer le champ, soit de régler ou de modérer l'éclat des images, soit encore d'envoyer au télescope l'image immobilisée des astres.

Dès qu'il eut employé des fils, *Gascoigne* chercha le moyen de les rendre visibles de nuit. Il fit entrer, dans ce but, par l'objectif, de la lumière diffuse (**London, PTr, 1667, 195**). C'est le procédé auquel *Derham* recourut plus tard, de son côté (**London, PTr, 1717, 603**). On renvoyait un peu de lumière dans le tube, au moyen d'un réflecteur annulaire, placé à la périphérie de l'objectif, et diminuant par conséquent l'ouverture utile. Afin de perdre une moindre portion de cette ouverture, *Maskelyne* fit substituer à l'anneau, en 1772, dans la lunette méridienne

de Greenwich, un très petit miroir placé au centre de l'objectif (Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich, 4 vol. fol., London; vol. I, 1776, p. 262).

Ramsden est, croyons-nous, le premier artiste qui ait fait, vers 1790, des lunettes méridiennes éclairées par l'axe. Toujours est-il que l'instrument de passages construit par lui et achevé par *Berge* pour l'Observatoire de Paris, en 1803, avait un éclairage de cette espèce (**Paris, Obs, I, 1858, x**).

Afin d'éviter l'affaiblissement des images par l'éclairage du champ, *W. Herschel* imagina d'illuminer les fils par devant, et de les rendre ainsi brillants sur un fond obscur (**London, PTr, 1785, 263**). *Lamont* (Jahrbuch der Sternwarte bei München, 12°, München; année 1840, p. 187), ainsi que *Stampfer* (**Wien, Ann$_2$, I, 1841, xliv**) projettent au foyer l'image de traits lumineux.

En 1838, *Capocci* eut l'idée de rendre les fils brillants, en y faisant passer le courant d'une pile voltaïque (**Paris, Crh, VI, 1838, 241**). *Secchi* recourut plus tard, dans le même but, à l'étincelle d'une bobine d'induction de Rhumkorff (**ANn, XLVI, 1857, 131; XLVII, 1858, 259**).

Afin de régler à volonté l'éclat des images, *Hevelius* eut recours à des diaphragmes (*Hevelius,* Machina coelestis, 2 vol. fol., Gedani; part. I, 1673).

On a vu au § 163, p. 418, les différents moyens employés, en divers temps, pour affaiblir l'éclat du Soleil. Il reste seulement à ajouter ici que, dans les observations par projection, la grandeur de l'image peut être conclue mathématiquement des dimensions du télescope et de la distance du tableau. On trouvera ce calcul dans *Kaestner,* Astronomische Abhandlungen, 2 vol. 4°, Göttingen; vol. II, 1774, p. 562.

La première idée du sidérostat appartient à *Hooke* (Posthumous works; fol., London, 1705). *s'Gravesande* a donné sa description de l'héliostat quelques années plus tard (*s'Gravesande,* Physices elementa mathematica, 4°, Lugduni Batavorum, 1720; p. 715). Nous ne pouvons entrer dans le détail des nombreux systèmes proposés pour ces instruments. Cette description est plutôt du ressort de la mécanique que de celui de l'astronomie.

§ 350. CERCLES DIVISÉS.

Les premiers astronomes se sont servis partout, pour prendre les mesures angulaires les plus essentielles, d'anneaux et d'armilles. *Ptolémée* employait un anneau équatorial pour observer les équinoxes (**Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 2**). Les armilles d'Alexandrie avaient une demi-aune de diamètre. *Timocharès* y avait eu recours pour prendre des distances de la Lune à α Virginis (**Ptolemaeus, MCo, lib. III, cap. 2**; *Proclus,* Hypotyposes astronomiae [G], cap. 2). L'ancienne astronomie

chinoise possédait des instruments semblables. Ainsi, au II[e] siècle de notre ère, l'astronome *Tchang-Hong* se servait d'armilles et de globes célestes (*Gaubil,* dans *Souciet,* Observations... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; vol. II, 1732 ; p. 25).

Ptolémée avait également un « triquetrum, » appelé aussi « règles parallactiques » [*], d'un rayon de six pieds (**Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 12**). Cet instrument était encore en usage après la Renaissance, et *B. Walther* s'en est servi, sous une forme à peine différente, celle du Baculus astronomicus (*Snellius,* Coeli et siderum in eo inerrantium observationes, 4°, Lugduni Batavorum, 1618; app. : B. Walteri observationes noribergicae).

De tous les instruments de l'époque primitive, le plus important pour l'astronome, et celui qui s'est conservé le plus longtemps, c'est l'astrolabe. On en attribue l'invention à *Hipparque* (**Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 1, 2; lib. i, cap. 11**). Celui de *Ptolémée* était formé de deux cercles coordonnés, placés parallactiquement. On y prenait les angles à la précision d'environ 4′ (**Ptolemaeus, MCo, lib. v, cap. 1; lib. vii, cap. 4; lib. viii, cap. 2**). *T. Brahé* fit revivre l'instrument sous cette forme, en l'appelant armilles équatoriennes. Par suite des progrès de la mécanique et de la géométrie pratique, cet astronome y lisait les angles à 1′ ou 2′.

Les Arabes ont fait un grand usage des astrolabes, et nous en ont laissé un certain nombre. Les plus anciens remontent au XIII[e] siècle. Un de ces instruments, qui date de cette époque et porte une inscription cufique, c'est-à-dire en caractères arabes usités en Afrique, provient de la succession de *Regiomontanus.* On le conserve à la Bibliothèque publique de Nuremberg. Il a été décrit d'abord par *von Murr* dans le Journal für Kunstgeschichte und Literatur, 8°, Nürnberg; vol. XV, 1787, p. 333 et 388. L'inscription en a été analysée et expliquée par *Fraehn* dans **St. Pétersbourg, MAc, VIII, 1822, 569.**

Un autre astrolabe du commencement du XIII[e] siècle, construit au Maroc, a été décrit par *Sarrus* (Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg, 4°, Paris; vol. IV, 1853, p. AA). Ceux d'une époque plus récente ne sont pas rares. Il y avait, du reste, une grande variété dans ces instruments.

En 1295, Raimond *Lulle* inventa l'astrolabe à suspension, qui pend par son poids et permet de prendre des hauteurs en mer (*Lulle,* Arte de navigar; dans ses Opera, 10 vol. fol., Moguntiae, 1721). Néanmoins pour les observations fixes, on a encore suivi longtemps l'ancien modèle. L'astrolabe de *Copernic,* par exemple, avait à très peu près la forme de celui de *Ptolémée* (**Copernicus, Rev, 1543, lib. ii, cap. 14**); mais il ne donnait guère les angles qu'à 10′. *Copernic* se servait aussi de règles parallactiques, dont les écarts étaient à peu près les mêmes (**ibid., lib. ii, cap. 15**).

Nous avons parlé au § 311, p. 825, des nombreuses distances entre les étoiles, que

---

[*] Ὄργανον παραλλακτικόν.

mesuraient les anciens astronomes, pour fixer les points sur le ciel. Ces distances se prenaient à l'astrolabe.

Il existe un grand nombre de traités sur la construction et l'usage de l'astrolabe. Il sera souvent nécessaire d'avoir recours à ces ouvrages, pour bien comprendre les usages multiples auxquels on faisait servir cet instrument, ainsi que pour acquérir l'intelligence des nombreuses données numériques et des constructions géométriques que l'on y gravait. Nous indiquerons, parmi ces ouvrages descriptifs :

5251. **Stoffler[inus], J.** Elucidatio fabricae ususque astrolabii; fol., Oppenheim, 1513. — Réimprimé; fol., Oppenheim, 1524; fol., Moguntiae, 1535; 8°, Lutetiae, 1553; 8°, Parisiis, 1585; 8°, Coloniae 1594; 8°, Parisiis, 1619.

Les trois dernières éditions sont augmentées du traité de l'astrolabe de *Koebel :* Astrolabii declaratio; 4°, Norimbergae, 1517. Il existe une traduction française, sous le titre : Traité de l'astrolabe, contenant la fabrique et composition d'iceluy ; 8°, Paris, 1560.

5252. **Jacquinot, D.** L'usage de l'astrolabe avec un petit traité de la sphère; 8°, Paris, 1545. — Plusieurs fois réimprimé, 8°, Paris, jusqu'en 1625. L'édition de 1617 avait reçu des additions et des éclaircissements de *D. Robert* et de *J. Bassentin.*

5253. **Danti, J.** Trattato dell' uso et della fabriba dell' astrolabio e del planisferia; 4°, Firenze, 1569.

5254. **Bion, N.** L'usage des astrolabes; 8°, Paris, 1702.

On croyait autrefois que la précision des mesures angulaires augmentait comme le rayon des circonférences. C'est ce qui avait conduit à toujours agrandir celles-ci. Les Arabes portèrent les dimensions des limbes divisés à des proportions immenses (*E. Bernard,* dans **London, PTr, 1684, 723**). Ainsi il y avait, à l'Observatoire de Bagdad, un quadrant de 6^{m} de rayon, et un sextant colossal, dont le rayon était de 17^{m}.

Sur les instruments des Arabes, on possède un travail special :

5255. **Sédillot, L. A.** Mémoire sur les instruments astronomiques des arabes; 4°, Paris, 1841.

On verra aussi la description de l'Observatoire de Meragah, de *Jourdain,* déjà citée (§ 58, n° 565).

La description des instruments de *T. Brahé* est extrêmement curieuse. Il nous l'a laissée dans un ouvrage spécial :

5236. **Brahe, T.** Astronomiae instauratae mechanica; fol., Wandesburgi, 1598. — Autre titre : Norimbergae, 1602.

Il y a une analyse de cet ouvrage dans *Kästner*, Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. II, 1797, p. 633.

On voit dans cet ouvrage (p. 53) que *T. Brahé* avait un sextant de cinq pieds de rayon. Il avait un quadrant mural, orné de gravures artistiques qui en couvraient la surface entière, plusieurs autres quadrants, des règles parallactiques, des armilles zodiacales et des armilles équatoriales. Il faisait les lectures, sur le limbe de ses grands instruments, à 1′, et même, dans certains cas, à 10″ par les transversales.

T. Brahé donne (p. 39 de l'ouvrage cité) une description du « torquetum. » Cet instrument se composait de trois plans fondamentaux, ou trois tables, qui correspondaient respectivement à l'horizon, à l'équateur et à l'écliptique. Il remontait aux Arabes, et peut-être aux Chaldéens. On trouvera des descriptions détaillées du « torquetum » dans *Regiomontanus,* De torqueto, astrolabio, regula, baculo...; 4°, Norimbergae, 1544; ainsi que dans *Apianus*, Astronomicum caesareum; fol., Ingolstadii, 1540.

Pour l'outillage du siècle suivant on consultera particulièrement :

5237. **Hevelius, J.** Machinae coelestis pars prior; fol., Gedani, 1673.

C'est dans cette première partie que se trouve la description des instruments. Voir plus haut, § 63, n° 693.

Il sera également intéressant de voir ce que *Gassendi* rapporte de ses instruments, dans l'exposé de ses observations. Il se servait tour à tour de six quadrants différents, en fer ou en acier, dont le plus grand avait $1^m,6$ de rayon, et de trois règles astronomiques (radii astronomici), allant jusqu'à $1^m,7$ (*Gassendus,* Commentarii de rebus coelestibus, dans : **Gassendus, Opa, IV, 1658, 84, 88, 97, 98, 106, 182; 77, 92, 110; IV, 1727, 88, 93, 102, 102, 111, 192; 81, 97, 116**).

A cette époque, on croyait encore augmenter l'exactitude en augmentant le rayon des arcs divisés. En 1670, *Picard* employait un secteur de $3^m,2$, et bientôt après, *Hooke* en avait un de $10^m,8$ (**Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 611**)

On trouvera des détails fort intéressants sur les instruments et les méthodes de *Roemer*, dans l'ouvrage de

5238. **Horrebow, P$_1$.** Basis astronomiae, sive astronomiae pars mechanica, in qua describuntur observatoria atque instrumenta astronomica Roemeriana danica, cum methodo observandi Roemeriana; additur triduum observationum tusculanarum Roemeri; 4°, Hafniae, 1735.

Comparez :

5259. Galle, J. G. Olai Roemeri Triduum observationum astronomicarum, anno 1706 ... institutarum et cum tabulis comparatarum; 4°, Berolini, 1845.

Cependant une grande révolution allait s'opérer par la substitution des lunettes aux pinnules. Avant d'en rendre compte, il est bon de jeter un coup d'œil sur les moyens employés, par les anciens constructeurs, pour faciliter la subdivision des dernières parties portées sur le limbe. La graduation se faisait géométriquement, à l'aide d'un compas à verge ou d'un instrument équivalent. Mais il restait à subdiviser les intervalles entre les traits consécutifs.

Le premier artifice auquel on eut recours dans ce but fut le tracé de transversales que venait couper la ligne de visée. Les premières transversales furent construites par *Cantzler* (*Digges, T.*, Alae seu scalae mathematicae; 4°, Londini, 1573). Mais les parties n'étaient pas proportionnelles à l'angle. Pour éluder cette difficulté, *J. Ferrier* eut l'ingénieuse idée de les tracer en forme de circonférences, passant par le centre du cercle divisé (*Morinus,* Longitudinum terrestrium coelestiumque scientia; 4°, Parisiis, 1639).

Toutefois on avait encore un autre moyen. *Nuñez* avait imaginé de tracer sur le limbe plusieurs cercles concentriques, divisés en parties aliquotes différentes, tellement que l'on put toujours trouver, sur l'un ou l'autre de ces cercles, une division qui correspondît exactement ou presque exactement à la ligne de visée (*Nonius,* De crepusculis; 4°, Olyssippone, 1542). *Clavius* (Geometria practica; 4°, Moguntiae, 1606) divisait six parties en cinq, sur les cercles concentriques de *Nuñez*. Il obtenait ainsi des trentièmes. *Vernier* conçut alors le dispositif qui porte son nom, et qui généralise le procédé de subdivision (*Vernier,* La construction, l'usage et les propriétés du quadrant nouveau de mathématiques; 12°, Bruxelles, 1631. — Comparez : *Kaestner,* Astronomische Abhandlungen, 2 vol. 8°, Göttingen; vol. II, 1774, p. 161).

Le vernier demeura longtemps le meilleur moyen connu de lire les petites parties sur les limbes divisés. Mais de même qu'on avait substitué le télescope à l'alhidade, le temps vint où l'on substitua le microscope micrométrique au vernier. Ce nouveau progrès fut l'œuvre de *E. Troughton,* qui employa, le premier, des microscopes, dans le cercle mural qu'il construisit, en 1811, pour l'Observatoire de Greenwich, et qu'il avait gradué sur la tranche (**London, MAS, IX, 1836, 287**).

L'emploi de la règle comme alhidade remonte probablement aussi haut que les premiers instruments à mesurer les angles. Bientôt on y attacha des pinnules. *Théon* de Smyrne dit que la dioptra ou règle à deux pinnules était déjà employée par *Dicéarque* de Messine, disciple d'*Aristote* (*Theon Smyrnius,* Eorum quae in mathematicis utilia sunt expositio [G], lib. III). Il est certain qu'*Hipparque* s'en servait (*Theon Alexandrinus,* Commentaria in Arati phaenomena [G], IVe siècle).

Il paraît que le premier qui eût l'idée de remplacer l'alhidade à pinnules par une lunette fut *Generini* (*von Zach*, dans **ZfA, IV, 1817, 5**), entre 1625 et 1635. Sa tentative ne fut pas d'abord connue, et *Morin* l'ignorait quand il eut également, en 1634, l'heureuse idée de substituer la lunette aux pinnules. « Applicatio tubi optici, dit-il, ad alhidadam pro stellis fixis prompte et accurate mensurandis a me excogitata est. » Toutefois le pointé n'y gagnait que par le grossissement des images, parce que, n'ayant pas encore de fils, *Morin* devait se contenter d'une installation au milieu du champ (*Morinus*, Longitudinum terrestrium et coelestium scientia, 4°, Parisiis, 1639; p. 18, 56).

Les fils furent mis dans les lunettes, comme on l'a déjà vu, par *Gascoigne*, en 1640 (**London, PTr, 1667, 195**). *Huygens* s'en servait aussi pour les micromètres (Hugenius, Systema saturnium, 4°, Hagae Comitis, 1659; p. 82. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°, édit. Lugduni Batavorum, 1724; vol. II, p. 594). Vers 1667, *Auzout* et *Picard* substituèrent, sur les quadrants, à la lunette simple de *Morin*, une lunette à croisée de fils (*Le Monnier*, Histoire céleste, 4°, Paris, 1741; p. 2, 11. — *Lahire* dans **Paris, H & M, 1717, 78**). La croix était droite.

Les modifications à ce réticule de visée ne sont venues que fort tard. C'est seulement en 1832 qu'on trouve la première mention d'une croix de St. André, que *Pond* avait employée à Greenwich (**Greenwich, Obs, 1832, ij**) : et c'est en 1840 que *Encke* parle de deux fils parallèles, entre lesquels médianiser le trait visé (**Berlin, Beo, I, 1840, ix**).

Les alhidades étaient restées volantes jusqu'à *Reichenbach*, qui, au commencement de ce siècle, fit les premiers cercles-alhidades (**MCz, IX, 1804, 377**).

La substitution du cercle entier aux quadrants qu'on employait alors avait été proposée par *Roemer* (**Berolinum, Msc, III, 1727, 277**). *T. Mayer* en montra les avantages (**Gotinga, Cü, I, 1752, 324**). *Bugge* en fit exécuter un, à Copenhague (Observationes astronomicae ... institutae in observatorio havniensi, 4°, Havniae, 1784; p. liij). Presque à la même époque, en 1785, *Ramsden* construisit son premier cercle entier vertical, qui était destiné à l'Observatoire particulier de *Malborough*, à Blenheim (**Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 705**). Ce fut aussi *Ramsden* qui imagina le théodolite (**ibid., p. 705**).

Il semble que *Morand*, qui observait à Avignon, fut le premier qui employât des cercles conjugués. Il avait fait construire un quart-de-cercle vertical, qui avait au pied un grand cercle azimutal complet (*Pezenas*, dans sa traduction du Cours complet d'optique de *R. Smith*, 2 vol. 4°, Paris; vol. II, 1767, p. 532). *F. Wollaston* mit les deux cercles, l'un dans le plan de l'horizon, l'autre dans un plan vertical, de manière à former un altazimuth (**London, PTr, 1793, 133**).

A mesure que les moyens de lecture se perfectionnaient, il devenait plus nécessaire d'apporter une grande rigueur dans le tracé des divisions. L'idée d'appliquer la vis à la subdivision des longueurs vint à l'ingénieux *Robert Hooke*, en 1664 (Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburg; vol. XI, 1817, p. 110). D'après *E. Troughton* (London, PTr, 1809, 145), ce fut également *Hooke* qui, vers 1695[?], employa le premier une machine pour graduer les cercles divisés.

En 1765, *Ramsden* fit faire un pas considérable à cette branche de l'art, par l'invention du plateau à diviser, à vis sans fin (*Ramsden*, A description of a machine for dividing mathematical instruments; 4°, London, 1777).

Le premier observateur qui fit l'examen des divisions de son instrument fut *La Caille*, (Paris, H & M, 1751, 407. — Aussi : La Caille, AFa, 1757, 158). *Boscovich* mit, à cet effet, aux pointes d'un compas, des lames de verre portant des divisions très-fines (*Maire & Boscovich*, De litteraria expeditione per pontificiam ditionem; 4°, Romae, 1755). Mais cet examen n'acquit toute sa valeur qu'entre les mains de *Bessel*, qui adapta dans ce but, à l'instrument, des microscopes supplémentaires (Königsberg, Bco, VII, 1821, iv).

Les erreurs de division ne sont pas d'ailleurs les seules que l'on ait à craindre. Tout instrument doit satisfaire à certaines conditions géométriques, qui ne sont pas toujours rigoureusement réalisées par le constructeur.

Ce fut *T. Brahé* qui introduisit la pratique de la vérification et de la correction mécanique des principales erreurs instrumentales (*Brahe*, Astronomiae instauratae mechanica; fol., Wandesburgi, 1598). *Picard* fut le premier qui fit attention à la collimation, et qui cherchât le moyen de la corriger (*Delambre*, Histoire de l'astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris; vol. II, 1821, p. 609).

Une dernière opération se rattache à l'emploi des cercles divisés, du moins lorsque ceux-ci sont installés verticalement, c'est la détermination du nadir. Le plus ancien outil dont on fit usage dans ce but fut naturellement le fil-à-plomb. *Homère* mentionne deux fois le niveau à fil-à-plomb (*Homerus*, Odyssea [G], lib. XXI, XXIII). *Pline*, en attribuait l'invention à Dédale [— XIIIe siècle?] (*Plinius*, Historia naturalis, [L], lib. VII, cap. 57).

Les Arabes, comme on le voit par l'exemple d'*Aboul-Hhassan* [XIIIe siècle], employaient couramment le fil-à-plomb (*J. J. Sédillot*, Traité des instruments astronomiques des Arabes, 2 vol. 4°, Paris; vol. II, 1836, p. 379). A la Renaissance, vers le milieu du XVe siècle, *Purbach* en montra la grande utilité aux astronomes d'Europe (*Purbachius*, Quadrantum geometricum; fol., Norimbergae, 1516).

Toutefois le fil-à-plomb n'est pas susceptible de constituer un instrument de haute précision. Le niveau à bulle satisfait mieux aux exigences des observations modernes. Il fut présenté par *M. Thévenot*, en 1661 (*Govi*, dans BdB, III, 1870, 282). En 1666, *Hooke* y mit de l'alcool à la place de l'eau (Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh; vol. XI, 1817, p. 110); et en 1775, à l'alcool Felice *Fontana* substitua l'éther (BAJ, 1778, 94).

Cependant le niveau à bulle n'est pas lui-même sans inconvénients. *Messier* fit remarquer les déplacements momentanés du zéro sous l'influence de l'insolation (**Paris, H & M, 1783, 105**). *Belli* trouva plus tard que tout échauffement de l'instrument a une action sur la bulle (Giornale di fisica, chimica e storia naturale da *Brugnatelli*, 4°, Pavia; vol. X, 1827, p. 402), et ces dérangements furent étudiés de nouveau par *Liagre* (**Bruxelles, Bul_1, XI, II, 1844, 274**).

Au reste, il y avait un autre moyen de déterminer la verticale, ou, ce qui est équivalent, l'horizontale; c'était de combiner une observation directe avec une observation par réflexion sur une surface nivelée. *Savasorda* employait, au XIIe siècle, un horizon artificiel (Mss. de la Bibliothèque nationale de Paris, suppl. latin, n° 774; fol. 42, 46). Mais cette méthode resta longtemps négligée. Nous ne trouvons pas de mention d'un pareil horizon, dans les temps modernes, avant celui que *J. Adams* joignait au sextant, pour prendre des hauteurs à terre (Transactions of the Society for the encouragement of arts, 8°, London; vol. IV, 1787, p. 202). Ce fut seulement en 1809 que les astronomes commencèrent à observer par réflexion sur le mercure. On doit à *Bessel* l'introduction de ce genre d'observations (**MCz, XX, 1809, 87. — BaJ, 1812, 148**).

Une réforme encore plus importante, mais qui fut longtemps à s'introduire, fut la substitution aux niveaux des observations du nadir sur le mercure. L'idée en fut conçue par *Bohnenberger*, en 1826 :

3240. **Bohnenberger, G. C.** Neue Methode den Indexfehler eines Hohenkreises zu bestimmen, und die Horizontalaxe einer Mittagsfernröhre zu berichtigen ohne Loth oder Libelle. **ANn, IV, 1826, 327.**

§ 351. INSTRUMENTS A PLAN FIXE.

Nous comprenons ici les instruments qui, comme ceux placés dans le méridien ou dans le premier vertical, sont assujettis à rester dans un plan déterminé. C'est dans les traités d'astronomie pratique, indiqués au § 342, qu'il faut chercher les descriptions générales de ces instruments. Quant aux descriptions particulières de ceux employés dans les divers observatoires, on les trouvera dans les publications de ces établissements.

Il existait une tradition qu'en 1540 *Copernic* avait installé un instrument dans le méridien (Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh; vol. XV, 1822, p. 440).

La lunette méridienne fut d'abord employée par *Roemer* (**Berolinum, Msc, III, 1727, 276**). Cet astronome avait installé un de ces instruments à Copenhague, en 1689 (*P_1. Horrebow,* Basis astronomiae, 4°, Hafniae, 1735; p. 49). *$Jean_3$ Bernoulli* dit 1690, d'après les manuscrits de l'Observatoire de Copenhague (*J_3. Bernoulli,*

Nouvelles littéraires de divers pays, 6 cah. 8°, Berlin; cah. III, 1777, p. 65). En France, vers la même époque, *Picard* préconisait la détermination directe des ascensions droites par les passages au méridien (*Delambre,* Histoire de l'astronomie moderne, 2 vol. 4°, Paris; vol. II, 1821, p. 620).

L'instrument de *Roemer* était un véritable cercle méridien. *Derham* décrivit, en 1704, la simple lunette des passages :

5241. **Derham, W.** An instrument for seeing the Sun, Moon or stars, pass the meridian of any place. **London, PTr, 1704, 1578.**

Plus tard on revint à l'accouplement d'un cercle avec la lunette plongeante. C'est le cercle méridien proprement dit, qui, sous cette forme moderne, fut d'abord construit par *Reichenbach,* en 1820, pour l'Observatoire de Gottingue (**London, MAS, I, 1882, 129**).

Récemment une forme un peu différente a été proposée par *E. J. Stone,* en employant un objectif prismatique (**London, MNt, XLII, 1882, 82**).

Pour ce qui concerne le calcul des corrections de la lunette méridienne, on peut indiquer, en se bornant aux mémoires les plus importants et les plus modernes :

5242. **Bohnenberger, J. G. F.** Ueber die Berichtigung der Mittagsfernröhre. **ZfA, IV, 1817, 355.**

5243. **Baily, F.** On a method of fixing a transit instrument exactly in the meridian. **London, MAS, I, 1822, 59.**

5244. **Littrow, J. J.** On the correction of the transit instrument. **London, MAS, I, 1822, 273; II, 1826, 315.**

5245. **Encke, J. F.** Ueber das Mittagsfernrohr. **BaJ, 1830, 305.** — En anglais : **PMg$_2$, V, 1829, 274.**

5246. **Liagre, J. B.** Sur les corrections de la lunette méridienne. **Bruxelles, Mcr, XVIII, 1845, n° 2.**

5247. **Lorenzoni, G.** Sulla determinazione delle coordinate angolari mediante gli strumenti astronomichi e, in particolare, sullo strumento dei passaggi; principi e formole. Atti delle adunanze dell' Istituto veneto, serie Va, 8°, Venezia; vol. IV, 1878, p. 1275.

Gauss a indiqué un moyen particulier de déterminer la distance entre les fils d'une lunette méridienne :

3248. **Gauss, C. E.** Neue Methode, die gegenseitigen Abstände der Fäden in Meridian-Fernröhren zu bestimmen. **ANn, II, 1824, 371.** — Reproduit : **Gauss, Wrk, VI, 1874, 445.**

Il amène le fil d'un théodolite successivement sur les différents fils de l'instrument méridien.

Sur la question du retournement de la lunette, on verra

3249. **Airy, G. B.** Comparison of the transit-instrument in its ordinary or reversible form with the transit-instrument in its non-reversible form as adopted in Greenwich, the Cape of Good Hope and other observatories. **London, MNt, XXV, 1865, 49.**

Une source d'erreur, dans les observations aux lunettes plongeantes, réside dans les imperfections des tourillons. Il existe à cette égard une étude intéressante de

3250. **Villarceau, Y.** Étude sur le mouvement de rotation de la lunette méridienne. **Paris, MOb, VII, 1863, 307.**

Voyez aussi :

3251. **Harkness, W.** On the measurement of the inequality of pivots of transit instruments by means of the spherometer. **London, MNt, XXXVIII, 1878, 487.**

Le germe de l'emploi des lunettes plongeantes placées dans le premier vertical se trouve dans un article de *Bessel* (**ANn, VI, 1828, 221**). On trouve les formules nécessaires pour la réduction des observations faites de cette manière, dans

3252. **Struve, F. W. G.** Anwendung des Durchgangsinstruments für die geographische Ortsbestimmung; 8°, St. Pétersbourg, 1833.

3253. **Raper, H.** On the observation of the transits of the prime vertical, in determining latitude and time. **London, MAS, X, 1838, 337.**

3254. **Encke, J. F.** Bemerkungen über das Durchgangsinstrument von Ost nach West. **BaJ, 1843, 300.**

On voit dans le Mémoire de *Jourdain* sur l'Observatoire de Méragah (voir notre § 58, n° 565), que dans la seconde moitié du XIII[e] siècle, *Nassir-Eddin* se servait d'un quadrant mural.

T. Brahé fixa son grand quart de cercle dans le méridien, en l'attachant à un massif de maçonnerie : ce fut le premier mural établi en Europe (*Brahe,* Astronomiae instauratae mechanica, fol., Wandesburgi, 1598; p. 21). Le premier quadrant mural à lunette fut construit par *Graham,* en 1725 (*R. Smith,* A compleat system of optics, 2 vol. 4°, Cambridge; vol. II, 1738, bk. III, ch. vij, n° 852).

Dans ces instruments, la flexion a une certaine importance. *De Zach* en parle, en 1819 (Cas. II, 1819. 425) Des différents travaux ayant pour objet de déterminer la grandeur de cet effet, il faut mentionner :

5255. Bessel, F. W. Ueber die aus der Schwere hervorgehenden Veränderungen die der Kreis eines astronomischen Instruments in der lothrechten Lage seiner Ebene erfährt. ANn. XXV, 1848, 1. — Reproduit : Bessel, Alh, II, 1876, 182.

Ce mémoire contient la détermination de la flexion des pièces de l'instrument, d'après leur coefficient de flexibilité.

5256. Brünnow, F. On the determination of the flexure of astronomical instruments. AsN, II, 1861, 14.

Il conseille deux collimateurs pointés l'une sur l'autre, dont l'axe commun serait incliné d'angles variables sur la verticale.

5257. Marth, A. Neues Verfahren, die Biegung und die Unregelmässigkeiten der Zapfen zu bestimmen. ANn, LVII, 1862, 257.

Ici se trouve l'idée de comparer la croisée à un rayon lumineux fixe, arrivant suivant l'axe de rotation, puis, réfléchi dans l'intérieur et dans la direction du tube de l'instrument. Cette idée a fait la base de recherches expérimentales de *M. Loewy* (Paris, Crh, LXXXVII, 1878, 889) et de *Nobile* (ANn, XCVI, 1880, 9).

5258. Houzeau, J. C. Sur un moyen de mesurer la flexion des lunettes. Bruxelles, Bul_3, II, 1881, 284.

En attachant devant l'objectif un miroir plan.

5259. Villarceau, Y. Nouvelle méthode pour annuler la flexion astronomique des lunettes. Paris, Crh, XCIII, 1881, 866.

En chargeant les deux extrémités de poids inégaux, convenablement combinés.

Bohnenberger a fait connaître (**ANn, IV, 1826, 327**) une lettre de *Lambert* à l'artiste *Brander,* portant la date de 1769, dans laquelle il signale le fait qu'avec un télescope on voit les fils placés au foyer d'un autre télescope. *Rittenhouse,* manquant d'un horizon éloigné pour y placer un signal méridien, imagina le premier collimateur (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series, 4°, Philadelphia; vol. II, 1786, p. 181).

Jusque-là, il s'agissait seulement de déterminer une droite fixe. *Kater* inventa le collimateur flottant, qui fournit une droite nivelée. Il construisit d'abord ce collimateur horizontal (**London, PTr, 1825, 147**). Puis il eut l'idée de le faire vertical (**ibid., 1828, 257**), ce qui permettait l'observation directe du nadir. Toutefois, la mobilité due au flottage était un inconvénient. *Lamont* y remédia, en faisant pendre par des tourillons le collimateur vertical (Jahresberichte der Münchener Sternwarte, 8°, München; année 1852, p. 27). Nous avons parlé plus haut du bain de mercure.

On trouvera une bibliographie des travaux relatifs au cercle méridien et au cercle mural dans l'ouvrage déjà mentionné de *Carl,* savoir :

3260. Carl, P. Literatur über Meridiankreis und über Mauerkreis. Dans ses Principien der astronomischen Instrumentenkunde, 8°, Leipzig, 1863; p. 144, 145.

§ 352. INSTRUMENTS A PLAN VARIABLE.

Nous comprenons sous ce nom les instruments, tels que les équatoriaux et les altazimuths, qui sont propres à mesurer des angles dans des plans mobiles.

Les armilles et le torquetum, dont il a été parlé plus haut (§ 350), étaient, à proprement parler, des instruments de cette espèce. L'équatorial moderne s'est dégagé peu à peu de ces premières formes (*Kaestner,* Geschichte der Mathematik, 4 vol. 8°, Göttingen; vol. II, 1797, p. 565).

La monture parallactique de la lunette, sans cercles, est due à *Scheiner,* qui appelle l'instrument ainsi formée « instrumentum telescopico-heliotropicum » (*Scheiner,* Rosa ursina, fol., Bracciani, 1630; p. 347). *Hooke* voulait faire suivre au télescope le mouvement diurne, au moyen d'un appareil d'horlogerie (*Hooke,* Animadversions on the first part of the Machina coelestis of J. Hevelius; 4°, London, 1674).

Avec les cercles conjugués, le plus ancien équatorial paraît être celui que *Vayringe* fit à Lunéville, vers 1735 (**Lalande, Ast$_3$, II, 1792, 627**). *Short* accrédita cet instrument en Angleterre (**London, PTr, 1749, 241**).

Passemant reprit, dans cette circonstance, l'idée de *Hooke,* et fit marcher l'ensemble à l'aide d'un mouvement d'horlogerie (**Paris, H & M, 1746, his, 121**). C'est

lui qui employa le premier le nom de « machine parallactique. » *Le Monnier* (Description et usage des principaux instruments d'astronomie, fol., Paris, 1774; p. 434) décrit un équatorial mû par une horloge.

La théorie de l'équatorial est donnée dans les mémoires suivants :

3261. **Littrow, J. J.** On the rectification of the equatoreal instrument. **London, MAS, II, 1826, 45.**

3262. **Bessel, F. W.** Theorie eines mit einen Heliometer versehenen Aequatorealinstruments. **Bessel, Unt, I, 1841, 1.** — Reproduit : **Bessel, Abh, II, 1876, 109.**

3263. **Hansen, P. A.** Die Theorie des Aequatoreals. **Leipzig, Abh, II, 1855, 131.**

Ayant parlé au § 350 de la conjugaison des cercles divisés, il nous reste peu de chose à dire de l'altazimuth astronomique.

Le premier altazimuth employé en astronomie fut celui que *Airy* fit établir à Greenwich, en 1845, pour observer la Lune hors du méridien (**Greenwich, Obs, 1847, introd., iv**).

Crawford [*Lindsay*] a fait connaître récemment un moyen ingénieux d'obtenir un mouvement parallactique, en ajoutant à un altazimuth une simple corde d'attache, fixée suivant l'axe du monde (**London, MNt, XXXVII, 1877, 1**).

Il y a des bibliographies des descriptions d'équatoriaux et d'altazimuths dans

3264. **Carl, P.** Literatur über Aequatoreal und über Altazimuth Dans ses Principien der astronomischen Instrumentenkunde, 8°, Leipzig, 1863; p. 146, 148.

§ 353. INSTRUMENTS A RÉFLEXION.

Après la mort de *Halley,* on découvrit dans ses papiers, écrite de la main de *Newton,* la description d'un instrument pour prendre à la mer des distances de la Lune aux étoiles (**London, PTr, 1742, 155**). En 1700, *Newton,* en Angleterre, et *T. Godfrey,* en Amérique, avaient trouvé presque en même temps le principe des instruments à réflexion (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. VIII, 1836, p. 785). Ce ne fut pourtant qu'en 1731 que *Hadley* mit ce principe en pratique, et construisit le premier de ces instruments (**London, PTr, 1731, 147**).

L'usage du sextant et du cercle à réflexion appartient à l'art nautique. On peut voir à ce sujet les ouvrages indiqués au § 83, nos 1096-1142. Sur l'emploi et la rectification de ces instruments, on citera en particulier :

5265. **Hansteen, C.** Bemerkungen über den Gebrauch der Spiegelsextanten. **ANn, I, 1823, 145.**

5266. **Encke, J. F.** Ueber den Spiegelsextanten. **BaJ, 1830, 285.** — En anglais : **PMg_2, VI, 1829, 84, 181.**

5267. **Adie, J.** On the advantages to be derived from the use of metallic reflectors for sextans ... and on methods of directly determining the errors in mirrors used in reflecting instruments. **Edinburgh, Tra, XVI, 1849, 61.**

Carl a donné aussi pour ces instruments des bibliographies :

5268. **Carl, P.** Literatur über Spiegelsextant und über Reflexionkreis. Dans ses Principien der astronomischen Instrumentenkunde, 8°, Leipzig, 1863; p. 153, 154.

§ 354. ÉQUATIONS PERSONNELLES.

La première mention des équations personnelles est faite par *Maskelyne,* à l'occasion des différences remarquées, en 1795, entre les observations de passages par les divers astronomes de Greenwich. Il croyait que ces discordances étaient des défauts d'observation (Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich, 4 vol. fol., London; vol. III, 1800, p. 339).

On ne fit pas d'abord attention à ces différences. Ce fut *Bessel* qui ramena les astronomes à l'examen de ce sujet :

5269. **Bessel, F. W.** Personal Gleichung. **Königsberg, Beo, VIII, 1823, iij; XI, 1826, iv; XVIII, 1836, iij.** — Reproduit : **Bessel, Abh, III, 1876, 300, 304.**

Les équations des observateurs, dans les passages observés à l'œil et à l'ouïe, furent les premières étudiées. On peut voir sur ce point :

5270. **Quetelet, A.** Détermination des équations personnelles des observateurs. **Bruxelles, $Mém_2$, XVI, 1843, n° 1, p. 4.**

3271. **Mitchel, O. M.** On personal equation. **London, MNt, XVIII, 1858, 261.**

Cet astronome fait ici un essai de déterminer, à l'aide de passages artificiels, les équations absolues des observateurs. Il trouve que ces équations varient grandement et rapidement pour un même astronome.

3272. **Hirsch, A.** Sur les corrections et équations personnelles dans les observations chronographiques de passage. Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, 8°, Neuchâtel; vol VI, 1863, p. 365.

Dans ce travail, on voit également la détermination de l'équation personnelle absolue, inscrite sur le chronographe, et relative à des passages artificiels.

3273. **Hilgard, J. E. & Suess, W.** Sur un appareil pour déterminer les équations personnelles dans les observations du passage des étoiles, disposé pour le service géodésique des États Unis. **Paris, Crh, LXXIX, 1874, 999.**

Il existe également une équation personnelle dans la détermination des hauteurs angulaires. *Arago,* qui en a parlé le premier avec quelque détail, l'a nommée « équation de collimation : »

3274. **Arago, F.** Sur l'obliquité de l'écliptique et l'existence d'une collimation individuelle. **Paris, Crh, XV, 1842, 944. — Reproduit : Arago, OEu, XI, 1859, 227.**

Argelander a considéré les équations personnelles, tant en ascension droite qu'en déclinaison, au point de vue de l'éclat des étoiles :

3275. **Argelander, F.** Verchiedenartige Auflassung des Momentes des Durchganges durch den Faden bei schwachen und hellen Sternen. **ANn, LXXIV, 1869, 263.**

3276. **Argelander, F.** Ueber die Abhängigheit der Declinationen von den Grössen der Sterne. **ANn, LXXV, 1870, 353.**

Les différences personnelles entre les observateurs s'étendent, du reste, à tous les genres de mesure. On voit par le mémoire de *O. Struve* cité au § 334, sous le n° 3 050, qu'elles ont une influence marquée dans les observations des étoiles doubles. On en

constate jusque dans l'établissement des coïncidences des fils du micromètre, ainsi qu'on le voit dans l'article suivant :

3277. **Airy, G. B.** Remarks upon certain cases of personal equation which appear to have hitherto escaped notice. **London, MNt, XVI, 1856, 6.**

On trouvera quelques suggestions sur les causes et les lois des équations personnelles, dans les deux mémoires suivants :

3278. **Nicolai, F. B. G.** Ueber die bei den einzelnen Individuen stattfindende Verschiedenheit des geistigen Reflexes der äussern Eindrücke auf die Organe des Gesichts und Gehörs. Isis, oder encyclopädische Zeitung, 4°, Iena; vol. XXIII, 1830, p. 678.

3279. **Wolf, C.** Recherches sur l'équation personnelle dans les observations de passages, sa détermination absolue, ses lois et son origine. **Paris, MOb, VIII, 1866, 153.**

Une tentative, qui n'a pas eu jusqu'ici de suite pratique, a été faite par *C. Braun*, en 1865, pour annuler mécaniquement les effets de l'équation personnelle, dans les passages d'étoiles. Voyez :

3280. **Braun, C.** Das Passagenmikrometer; 8°, Leipzig, 1865.

L'auteur déplace l'image d'une quantité voulue, par une sorte d'effet de parallaxe.

§ 355. MESURE DU TEMPS.

La détermination du temps a toujours été d'une très-grande importance pour l'astronome. Nous en avons parlé chap. III, § 79. Les premiers observateurs n'avaient pas d'autre horloge que celle du ciel. Pour connaître l'heure à un moment déterminé, ils étaient forcés d'assigner la position à cet instant de la sphère étoilée. C'est ce qu'ils faisaient généralement en prenant hauteur. Pendant le jour, ils mesuraient aussi à l'astrolabe, l'arc parcouru par le Soleil depuis son lever, dans son cercle diurne. Cette méthode est indiquée, entre autres, dans une des traductions de l'arabe, faites au XII[e] siècle par *Platon* de Tivoli (*Plato Tiburtinus*).

Mais les mesures prises sur le ciel ne fournissent l'heure que pour le seul instant auquel elles se rapportent. Elles donnent des points dans la durée continue. Ces points toutefois ne sont pas liés entre eux, et l'on n'a nul moyen de définir l'un quelconque des instants intermédiaires.

Pour établir cette liaison, il fallait trouver le moyen de conserver l'heure, après l'avoir déterminée. C'est ce qui conduisit à l'invention des horloges, dont les premières étaient basées sur l'écoulement continu des liquides.

Ce furent d'abord des vases percés d'un trou, s'emplissant avec lenteur de l'eau dans laquelle ils flottaient. Ces premières clepsydres étaient en usage en Chaldée (*Sextus Empiricus,* Adversus mathematicos [G], lib. v, cap. 24. — *Theon alexandrinus,* Commentarii in Magnam constructionem Ptolemaei [G], lib. v). On disait aussi qu'elles venaient de l'Égypte (*Macrobius,* Expositio in Somnium Scipionis [L], cap. 21).

Vers le milieu du — IIIe siècle, ces appareils furent grandement perfectionnés par *Ctesibius,* qui en fit des horloges à eau à rouages, dont quelques-unes étaient susceptibles de marcher un an (*Vitruvius,* De architectura [L], lib. IX, cap. 4, 8, 9). L'une des clepsydres construites par cet habile mécanicien donnait l'heure publique à Alexandrie. Un génie, mobile avec l'écoulement du liquide, montrait le chiffre de l'heure sur une colonne (op. cit., lib. IX, cap. 4).

On disait qu'en Grèce les clepsydres avaient été introduites par *Platon.* Elles furent portées à Rome, par *Scipion Nasica,* alors censeur, au milieu du — IIe siècle (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. VII, cap. 9). On trouvait par là le moyen de subdiviser régulièrement la journée.

L'usage des clepsydres n'était pas pourtant fort répandu encore en occident, vers la fin de la république romaine, puisque ce fut seulement après que *César* eut transporté un de ces appareils avec lui, qu'on reconnut expérimentalement la différence de durée des nuits d'été, entre la Bretagne et l'Italie (*Julius Caesar,* Commentarii de bello gallico [L], lib. v, cap. 13).

Comme à Alexandrie, on songeait avant tout aux usages publics. Ces appareils étaient, en effet, d'un trop grand volume et d'une construction trop coûteuse, pour se répandre parmi les particuliers. En plaçait-on dans les principales villes? Suivant *de Zach,* la plus ancienne horloge des Gaules aurait été celle de la cathédrale de Lyon, qui aurait été établie au Ve siècle (**Cas, I, 1818, 225**).

L'art de construire des horloges à eau fut cultivé avec soin pendant le moyen âge. Ces horloges étaient connues dans l'Inde, car dans la Lilawati de *Bhascara,* qui est du XIIe siècle (*Taylor, J.,* Bhascara Acharya, Lilawati, translated; 4°, Bombay, 1816), l'héroïne laisse tomber de sa coiffure, dans le bassin de la clepsydre, une perle qui retarde l'écoulement. Mais ce furent les Arabes qui excellèrent dans la construction des horloges à eau.

Les principales de ces horloges étaient de vrais chefs-d'œuvre. Elles formaient de grandes pièces mécaniques, rehaussées d'embellissements dus à de véritables artistes, tant pour la peinture que pour la sculpture et la construction. La description de l'horloge à eau de Damas donne une idée de la magnificence, à la fois mécanique et artistique, de ces appareils (*Benjamin Tudelensis,* Itinerarium [H], 8°, Lipsiae, 1764; p. 55. — *Abd-Allatif,* Relation de l'Egypte [A], traduction de *S. de Sacy,* 4°, Paris, 1810; p. 577). On pouvait en dire autant de celle de Gaza, décrite par *Choricius Gazaeus* (Orationes, declarationes, fragmenta [G], 8°, Parisiis, 1846; p. 148). La

renommée avait répandu dans tout l'Occident des légendes relatives à l'horloge à eau que Charlemagne avait reçue, en 807, à Aix-la-Chapelle, d'Aroun-al-Raschid, disait-on, mais en réalité d'Abdallah, calife de Perse (*Godefried,* dans Cronica van der hilliger Stat van Coellen; fol., Coellen, [1499]. — *Eginhard*, dans *Pertz,* Monumenta Germaniae historica, 29 vol. fol., Hanoverae; vol. I, 1826, p. 195).

Aux horloges à eau succédèrent des horloges à poids. Les traditions sur l'origine de ces nouveaux appareils sont fort confuses. Il est certain qu'il existait des horloges à roues en 1120 (JdS$_{\text{I}}$, 1782, 182). C'étaient de grandes machines, qui donnaient l'heure publique. D'autre part on rapporte que *Pacificus* avait été le premier à construire, en 1230, des horloges à rouages (*Mädler,* Geschichte der Himmelskunde, 2 vol. 8°, Braunschweig, 1873; vol. I, p. 115), et l'on attribue à *Wallingfort* l'emploi des poids comme moteur, en 1315 (ibid., p. 110).

Quoi qu'il en soit de ces traditions, les horloges à roues, mues par des poids, étaient connues au XIII[e] siècle. On y appliquait des sonneries. *Dante* en fait mention. L'horloge à poids de Westminster Hall datait de 1288. Au XIV[e] siècle, les horloges publiques, placées dans les tours, commencèrent à se répandre. On cite parmi les premières : celle de Bologne, établie en 1356; celle du palais de Charles V, à Paris, en 1364; celle de Strasbourg, en 1368 (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. IX, part. II, 1839, p. 1110).

A ces horloges, il fallait un régulateur. Il paraît que le balancier horizontal ou volant, mis en mouvement par un échappement, fut employé dès le IX[e] siècle; mais on n'a que de vagues notions à cet égard.

Toujours est-il que ces instruments se perfectionnèrent assez pour devenir utiles à l'astronome. En 1484, *B. Walther* commença à se servir, dans les observations, d'horloges à poids, sans pendule (*Regiomontanus,* Scripta ... aucta Schoneri observationibus : Observationes motuum Solis ac stellarum, 4°, Norimbergae, 1544; p. 50. — Cas, VII, 1822, 194). *T. Brahé,* de son côté, employait quatre de ces horloges (*Brahe, T.*, Astronomiae instauratae mechanica; fol., Wandesburgi, 1598); et tous les astronomes du XVII[e] siècle y avaient recours.

La marche de ces instruments était loin cependant d'être régulière. A la fin du X[e] siècle, *Ebn Iounis* aperçut le parti qu'on pouvait tirer des oscillations du pendule, pour diviser le temps en intervalles égaux. Il comptait les oscillations entre deux prises de hauteur, et pouvait alors interpoler les instants de toutes les observations intermédiaires (*E. Bernard,* dans London, PTr, 1684, 723. — *L. A. Sédillot,* Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, 4°, Paris, 1841; p. 44).

Cette méthode fut reprise à la renaissance; mais elle offrait bien des difficultés. Les oscillations allaient en diminuant, et le pendule finissait par s'arrêter. Il est vrai qu'on prolongeait l'expérience en lui donnant une nouvelle impulsion, quand l'arc d'oscillation était trop réduit. Mais, d'autre part, il fallait compter une par une les

oscillations, ce qui était fastidieux et délicat. D'ailleurs, quand ces oscillations devenaient très-petites, elles ne s'exécutaient plus dans un plan distinct. On avait beau, pour y remédier, suspendre le poids à un double cordeau, en forme de balançoire, le compte des oscillations restait toujours un embarras et une difficulté.

En 1612, *Sanctorius* imagina de faire compter les oscillations par le pendule lui-même, en liant celui-ci à un rouage (*Young, T.*, A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts, 2 vol. 4°, London ; vol. I, 1807, p. 181). *Galilée* voulait aussi compter les oscillations par le pendule, et son fils Vincenzo *Galilei* a construit, dans ce but, en 1649, d'après les indications de son père, un appareil qui est encore au Musée de Florence. Ce compteur a donné lieu à une discussion intéressante sur la nature de cet instrument. Les deux pièces principales à consulter à cet égard sont : *Albèri, E.*, Dell'orologio a pendolo di Galileo Galilei e di due recenti divinazioni del meccanismo da lui imaginato, 8°, Firenze, 1856; reproduit dans **Galilei, Ope, vol. supplemento, 1856, 331** ; et *Biot, J. B.*, Sur une dissertation de M. Albèri, dans **Paris, Crh, XLVII, 1858, 433.**

La véritable difficulté était de restituer au pendule, à chaque oscillation et par conséquent en détail, la force qu'il avait perdue. Il fallait donc le lier aux rouages non seulement pour constituer un compteur, mais pour tirer de ces rouages la force récupératrice. Ce fut là le grand résultat atteint par *Huygens*. Ce célèbre astronome publia, en 1658, un écrit de quelques pages (*Hugenius*, Horologium; 4°, Hagae Comitum, 1658. — Reproduit dans ses Opera varia, 2 vol. 4°; édit. Lugduni Batavorum, 1724, vol. I, p. 1), adressé aux États Généraux bataves, dans lequel il indiquait cette solution. Il utilisait dans ce but l'échappement à roue verticale, déjà usité pour le balancier horizontal à volant. Cet opuscule est antérieur de quinze ans au travail souvent cité du même auteur, intitulé Horologium oscillatorium, avec lequel il importe de ne pas le confondre. Sa date fait justice des réclamations de priorité élevées à tort contre *Huygens* (*Poggendorff*, Geschichte der Phyzik, 8°, Berlin, 1879, p. 607-612).

Hevelius s'était servi longtemps d'horloges à balancier horizontal ou volant. Il fut le premier, après l'invention de *Huygens*, à observer avec une horloge à pendule (*Hevelius*, Machinae, coelestis pars posterior; fol., Gedani, 1679).

L'influence de la température sur le pendule ayant été constatée, *G. Graham* imagina la compensation (**London, PTr, 1726, 40**).

Les horloges à pendule exigeaient une installation fixe, et ne se prêtaient pas, par conséquent aux usages nautiques. Il en était à peu près de même des horloges à poids et à volant, ainsi que des horloges à eau. Les marins employèrent pendant longtemps des sabliers. On en faisait d'énormes. *Cardan* relate (De rerum varietate, fol., Basileae, 1558; cap. 58) qu'un Polonais avait construit une ampoulette qui marchait vingt-quatre heures, dans laquelle le sable était remplacé par de la poussière de plomb.

Il est vrai que dans l'une des dernières années du XV[e] siècle, *Hele* avait inventé

la montre (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. VII, 1833, p. 1162). Mais cet instrument n'avait alors qu'un ressort moteur, dont la détente était seulement modérée par des frottements; sa marche était si peu régulière qu'on mettait une seule aiguille au cadran, celle des heures. L'instrument n'était donc pas propre aux usages astronomiques.

Il finit cependant par le devenir. Un immense progrès fut réalisé en 1674, dans sa construction, par l'application que *Hooke* fit d'un second ressort, le spiral, tenant en échec, à chaque oscillation du balancier, le développement du premier (*Hooke,* Description of helioscopes and some other instruments; 4°, London, 1676). Il avait eu l'idée de cette combinaison dès 1658 (*Reid,* dans Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh; vol. XI, 1817, p. 118). *Huygens* était arrivé, de son côté, à la même invention (**London, PTr, 1675, 272**).

Ces horloges portatives se perfectionnèrent ensuite. Le premier chronomètre proprement dit fut construit par *Harrison,* en 1726 (*Gehler's* Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet, 16 vol. 8°, Leipzig; vol. II, 1826, p. 103).

Parmi les mémoires relatifs à la marche des chronomètres, qui peuvent être utiles à l'astronome, nous signalerons particulièrement :

3281. **Hällström, C. P.** Om de correctioner och berächningar som vid tidsbestämmelse med chronometer äro användbara. **Stockohlm, Hdl_2, 1815, 145.**

Sur les corrections pour les variations de température.

3282. **Harvey, G.** On the effects of the density of the air on the rates of chronometers. **London, PTr, 1824, 372.**

3283. **Villarceau, V.** Recherches sur le mouvement et la compension des chronomètres. **Paris, MOb, VII, 1863, 1.**

3284. **Magnac, A. de.** Sur l'emploi des chronomètres à la mer. **Paris, Crh, LXXVII, 1873, 609; LXXIX, 1874, 925.**

Il semble que depuis quelques années une voie nouvelle s'ouvre insensiblement à la mesure du temps, ou plus généralement à la conservation uniforme des mouvements lents, par l'application du modérateur à force centrifuge. *Foucault* a, le premier, rendu cette application pratique, pour l'astronomie (**Paris, Crh, XXV, 1847, 154**). *Villarceau* a doué le régulateur d'un réglage facile, en changeant à volonté l'inclinaison de l'axe (**Paris, Crh, LXXIV, 1872, 1437**). Mais une perfection encore plus grande a été atteinte par *Van Rysselberghe,* grâce à l'obliquité variable du plan des ailettes et à l'adjonction de certaines masses additionnelles (**Bruxelles, Bul_2, XLIX, 1880, 9**).

L'électricité est venue également apporter son secours à l'astronomie. La première horloge, dans laquelle le circuit électrique était fermé par les oscillations du pendule, fut construite à Philadelphie, en 1846, sous la direction de *S. C. Walker*. En 1848, *Locke* de Philadelphie, acheva, sous la même direction, un véritable chronographe, qui a servi de type à ceux qui l'ont suivi (*Loomis,* The recent progress of astronomy, 8°, New York; chap. IV, sect. IV, 3e éd. 1856, p. 321. — Comparez : **AJS$_2$, VII, 1849, 206**). L'instrument toutefois gagna considérablement en exactitude, par l'invention que fit *W. C. Bond,* en 1850, du régulateur à ressort ou « spring governor » (**Cambridge, Ann, I, I, 1852, 28**). Aujourd'hui ce sont les régulateurs à force centrifuge que l'on y applique.

Le microphone sera sans doute appelé, également, à jouer un rôle dans les observatoires. On peut voir déjà sur les applications de cet appareil :

3285. **Meyer, W.** Note sur l'emploi du microphone dans le service de l'heure astronomique. **Arc$_3$, V, 1881, 25.**

3286. **Meyer, W.** Sur l'enregistrement des battements de secondes d'une pendule au moyen du microphone. **Arc$_3$, VI, 1881, 418.**

Nous indiquerons, en terminant, les deux sources suivantes, sur l'histoire de la mesure du temps :

3287. **Berthoud, F.** Histoire de la mesure du temps par les horloges; 2 vol. 4°, Paris, 1802.

3288. **Reid, A.** Horology. Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh ; vol. XI, 1817, p. 114.

Sur l'adoption du temps moyen, et sa substitution au temps solaire dans les usages civils, il suffit de renvoyer au § 73, p. 151.

§ 356. PLANÉTAIRES.

Nous passerons très-rapidement sur la représentation des mouvements célestes par des machines. Ces pièces mécaniques ont plus d'intérêt pour le curieux que pour l'astronome.

L'idée de représenter mécaniquement la marche des corps célestes est apparemment fort ancienne. On rapporte qu'*Archimède* avait fait une sphère mobile, qui montrait les mouvements des astres (*Ovidius,* Fasti [L], lib. VI, v. 277; *Claudianus,* Epigrammata, [L], n° XXVI). Aujourd'hui l'on construit, pour la démonstration, des appareils où sont figurés les mouvements réels.

Les plus simples de ces mécanismes sont ceux que l'on a nommés « géocycles, » qui se bornent à représenter le double mouvement de la Terre. On trouve des descriptions de ces appareils, dans l'édition de *Copernic* donnée par *N. Muller* (*Copernicus,* Astronomia instaurata libris sex comprehensa; 4°, Amstelodami, 1617), et dans l'astronomie de *Ferguson* (Astronomy explained upon sir Isaac Newton's principles; 4°, London, 1764 et édit. suiv.). *Lalande* dit que des machines de ce genre ont eté construites par *J. Fortin,* par *Grenet* et par *Flecheux* (**Lalande, Ast_3, I, 1792, 426**).

Les planétaires proprement dits représentent le système solaire, avec les planètes et leurs satellites. Il y a sur ce sujet un petit traité célèbre de *Huygens.* L'auteur y enseigne à se servir des fractions continues pour rapporter entre elles, par des approximations de plus en plus resserrées, les périodes des différents corps célestes. Ce traité a pour titre :

5289. **Hugenius, C.** Descriptio automati planetarii. Dans ses Opuscula posthuma, 4°, Lugduni Batavorum, 1703. — Reproduit dans ses Opera reliqua, 2 vol. 4°, Amstelodami, 1728; vol. II [Opuscula posthuma], t. II, p 155.

Les combinaisons imaginées par *Roemer* pour le même objet ont été exposées par *P_1. Horrebow* (Operum tomi tres, 3 vol. 4°, Havniae; vol. III, 1741). *Nollet* a donné une description détaillée des planétaires (*Nollet,* Leçons de physique expérimentale, 6 vol. 12°, Paris, 1743; vol. VI).

On pourra voir, en outre, les descriptions spéciales des machines de *Rittenhouse* [1771] (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. I, 1785, 1), de *Diemel* [1803] (**BaJ, 1806, 249**) et de *Jambon* [1812] (**Arago, OEu, XII, 1859, 126**).

Les préceptes mécaniques d'après lesquels la construction de ces appareils peut s'effectuer, ont été considérés par

5290. **Janvier, A.** Des révolutions des corps célestes par le mécanisme des rouages; 4°, Paris; 1812.

CHAPITRE XXVIII.

OBSERVATOIRES.

---

§ 357. OBSERVATOIRES DE L'ANTIQUITÉ ET DU MOYEN AGE.

Les premiers observateurs se contentaient de se placer dans des endroits découverts, d'où ils pouvaient apercevoir une grande étendue du ciel. Ils montaient sur le sommet des collines (*Ptolemaeus,* De apparentiis stellarum, dans **Petavius, Doc, éd. Antuerpiae, 1705, II, 53.** — *J. J. Scaliger,* Opus novum de emendatione temporum, fol., Lugduni Batavorum, 1598; lib. II, p. 72). En Égypte, on allait sur les monticules pour voir paraître la Lune nouvelle, et faire l'offrande de sacrifices (*Maimonides,* Dux seu director dubitantium [H], fol., Parisiis, [1520]; lib. III, cap. 46, 47).

Après les collines, on eut recours à des monuments élevés. C'est ainsi qu'il y avait, dans le temple de Belus, à Babylone, une tour d'un stade d'élévation (*Herodotus,* Historia [G], lib. I, cap. 181), du haut de laquelle on observait les levers et les couchers des astres (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. II). *Lalande* a pu en retrouver la latitude, par la durée du jour, qui a été rapportée par *Ptolémée* (**Paris, H & M, 1757, 429**). A la conquête du Pérou, on trouva aussi, à l'orient et à l'occident de Cusco, de petites tours qui servaient à des usages astronomiques (*Laharpe,* Abrégé de l'histoire générale des voyages, 21 vol. 8°, Paris, 1780; vol. XI, p. 53).

Les premiers instruments, les gnomons, par exemple, furent sans doute installés dans des endroits plus ou moins élevés et découverts. Mais ces premiers observatoires n'étaient que l'outillage particulier de l'astronome, et se transportaient avec lui. C'est ainsi que, dans la Chine ancienne, nous voyons faire successivement des observations dans divers lieux : au — XII[e] siècle à Loyang, au — I[er] siècle à Siganfou, et dans d'autres villes de l'empire (*Gaubil,* dans *Souciet,* Observations mathématiques ... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; vol. II, 1732, p. 4, 8, 25).

Nous n'avons vraiment de détails sur l'organisation d'un observatoire qu'à partir de l'époque où *Eratosthènes* établit, au — III[e] siècle, celui d'Alexandrie. Encore l'emplacement n'était-il pas absolument spécial, puisqu'on avait choisi ce qu'on appelait le Portique. Là furent placés une armille en bronze, et un grand cercle divisé, destiné à observer les passages du Soleil par le plan de l'équateur (**Ptolemaeus, MCo, lib. I, cap. 11; lib. III, cap. 2**).

Cet observatoire, successivement enrichi de nouveaux instruments, subsista jusqu'à la destruction de l'université d'Alexandrie, au Ve siècle. Plusieurs des observations qu'y fit *Timocharès*, au — IIIe siècle, sont mentionnées dans *Ptolémée* (**Ptolemaeus, MCo, lib. II, cap. 3; lib. IX, cap. 7, 10**). Quant à ce dernier astronome, il ne faisait pas par lui-même d'observations (**Bullialdus, Aph, 1645, 152. — Cassini, Elm, 1740, 196, 467. — Le Monnier, Ins, 1746, xxviij.** — *Lalande,* **Paris, H & M, 1757, 420**).

Après les Grecs, les Arabes eurent des observatoires réguliers, qui prirent peu à peu des développements plus étendus. Au IXe siècle on comptait déjà ceux de Bagdad et de Damas, ainsi que celui d'*Albategni* à Aracte ou Raca, en Mésopotamie (*Caussin,* Le grand livre de la table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 40). A Bagdad, en particulier, les instruments étaient de dimensions colossales : il y avait un quadrant de 6m de rayon et un sextant de 17m.

Au Xe siècle, l'Observatoire du Caire servait à *Ibn-Iounis* (op. cit., p. 222). Mais il ne paraît pas que les Maures d'Espagne aient apporté le même luxe dans la création d'établissements astronomiques. On sait seulement que la fameuse tour de la « Giralda, » à Séville, avait été construite en 1196, par *Geber* fils d'Affla, comme minaret observatoire. C'est aujourd'hui la tour de la cathédrale qui a remplacé la mosquée. Elle tire son nom de la statue en bronze de la foi, qu'on y a posée, qui pèse plus de 2 500 kilogrammes, et qui est si bien équilibrée qu'elle tourne au moindre souffle de vent (*W. H. Smyth,* The cycle of celestial objects continued, 4°, London, 1860; p. 6).

Mais en Orient, le mouvement arabe produisit encore, au XIIIe siècle, l'Observatoire de Meragah, dont nous avons souvent parlé (voir § 58, n° 565), où *Nassir-Eddin* observait, et au XVe, celui de Samarkande (voir § 58, n° 971), où *Ulugh-Beg* a fait son catalogue d'étoiles. L'Observatoire officiel de l'empire chinois, à Péking, fut établi au XIIIe siècle.

Plus tard, un peu après le milieu du XVIe siècle, le gouvernement mahométan de l'Inde créa d'un coup cinq observatoires, situés dans les villes de Delhi, Benarès, Matra, Ougein et Suvai-Jeypoor. Ces établissements furent placés sous la direction générale de l'astronome *Jeysing*, autrement *Jayasinha* (Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh; vol. XV, 1822, p. 440). Ces observatoires, qui étaient munis d'instruments en rapport avec l'époque de leur fondation, existaient encore dans la première partie du siècle présent (**Calcutta, AsR, XV, 1825, app., p. j**). Celui de Delhi est représenté dans les pl. XIX et XX de l'ouvrage de *T. & W. Daniell,* Antiquities of India, 1799. Voyez sur celui de Benares, **London, PTr, 1777, 598 et 1793, 45.**

Indépendamment des sources que nous venons d'indiquer dans le texte, on peut consulter un article de

3291. **Lamont, J.** Die Sternwarten des Alterthums. Astronomicher Kalander für das Königreich Bayern, 8°, München; année **1851**.

§ 358. PREMIERS OBSERVATOIRES D'EUROPE.

On verra, au chapitre suivant, que les premières observations faites après la Renaissance des sciences en Europe, furent celles de *Purbach* et *Regiomontanus,* puis de Bernard *Walther* et de *Copernic.* Elles embrassent la période de 1457 à 1540. Mais l'outillage n'avait pas de caractère permanent.

Cassel.

Ce fut *Gullielmus Hassiacus, Wilhelm* [*Guillaume*] *IV,* landgrave de Hesse, qui fit établir à Cassel, en 1561, le premier observatoire qu'on ait possédé en Europe. Les observations y étaient faites par *C. Rothmann* et *J. Bürgi,* appelé aussi *Byrge* et *Borgen* (*Snellius,* Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae; 4°, Lugduni Batavorum, 1618). Ces observations vont jusqu'en 1593, après quoi l'établissement fut abandonné.

Uranibourg.

T. Brahé, après avoir eu le projet de s'établir en Allemagne, reçut du roi de Danemark la concession de l'île de Huen, où il fonda, en 1576, son Observatoire d'Uranibourg. On voit la description de ses instruments dans son Astronomiae instauratae mechanica, fol., Wandesburgi, 1598, et dans ses Epistolarum astronomicarum libri, 2 vol. 4°, Uraniburgae, 1610. *Picard* fit un voyage, en 1671, pour retrouver les restes de cet observatoire, et en déterminer la position.

A la fin de sa vie, *T. Brahé* ayant été forcé de quitter l'île de Huen, vint s'établir près de Prague, à Benatick, où il fit quelques observations (*David,* dans MCz, VI, 1802, 363, 468; XII, 1805, 248).

On pourra consulter :

3292. Picard, J. Voyage d'Uranibourg, ou observations astronomiques faites en Dannemarck [1680]. Paris, ROb, 1693, n° 3. — Reproduit : Paris, His, VII, 1731, 191.

3293. Gourdon, R. Letter concerning the remains of Tycho's observatory. London, PTr, 1700, 619.

3294. Delambre, J. B. J. Méridienne d'Uranibourg. CdT, 1816, 229. — Comparez : CdT, 1820, 385.

3295. Arrest, H. d'. Die Ruinen von Uranienborg und Stjerneborg im Sommer 1868. ANn, LXXII, 1868, 209.

Rome.

Des instruments, qui ne constituaient pas, à proprement parler, un observatoire régulier, ont été établis de bonne heure à Rome, au Collegio Romano. Dans l'ancien bâtiment de ce Collége, *Clavius* observait déjà avec un secteur zénital, en 1572. Dans le nouveau bâtiment, *Scheiner* recueillit les matériaux de sa Rosa ursina; fol., Bracciani, 1630. C'est là également que *Gottignies* et *Borgondio* firent des observations passagères. *Maire* observa la comète de 1744 au Collége des Anglais, et *Boscovich* s'établit dans la salle supérieure du Musée Kircher (*André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique et les observatoires, 5 vol. 12°, Paris; vol. V, 1878, p. 110). Nous parlerons plus loin des observatoires permanents de Rome.

Danzig.

Un observatoire très-remarquable pour l'époque fut établi par *Hevelius,* dans sa maison, à Danzig, en 1639. Les instruments en sont décrits dans sa Machinae coelestis pars prior; fol., Gedani, 1673. Cet observatoire fut détruit par un incendie, en 1679. *Halley,* qui l'avait visité la même année, en a rendu un compte intéressant (**London, PTr, 1674, n° 111; 1685, n° 175**).

Sur le degré de précision qu'*Hevelius* obtenait avec ses instruments à pinnules, on verra, en outre, une note de *Lindeloef* dans **St. Pétersbourg, Bul_2, XII, 1854, 305.** — Reproduit : **St. Pétersbourg, Mél, II, 1858, 33.**

§ 359. GÉNÉRALITÉS SUR LES OBSERVATOIRES MODERNES.

A partir du XVIIe siècle, et surtout dans la seconde moitié de ce siècle, on commença à élever des observatoires officiels. Il y en eut un à Leide en 1632, un à Copenhague en 1637; celui de Paris fut fondé en 1667, et celui de Greenwich en 1675.

Nous donnons ci-dessous l'indication des principaux ouvrages et mémoires, dans lesquels sont réunies des descriptions de nos observatoires modernes. Nous passerons ensuite aux plus importants de ces établissements, chacun en particulier.

3296. **Muller, J. H.** Programma de speculis uranicis celebrioribus; fol., Altorfi, 1713.

3297. **Weidler, J. F.** Commentatio de praesenti specularum astronomicarum statu; 4°, Wittenbergae, 1727.

3298. **Bernoulli, $Jean_3$.** Lettres astronomiques où l'on donne une idée de l'état actuel de l'astronomie pratique; 8°, Berlin, 1771.

3299. **Bernoulli, Jean$_3$.** Nouvelles littéraires de divers pays; 6 cah. 8°, Berlin, 1776-1779.

3300. **Bernoulli, Jean$_3$** Lettres sur différents sujets écrites pendant le cours d'un voyage en 1774-1775; 3 vol. 8°, Berlin, 1777-1779.

3301. **Lalande, J. J. de.** [Observatoires du XVIIe et du XVIIIe siècle]. **Lalande, Ast$_3$, I, 1792,** xxx.

3302. **Zach, F. X. de.** [Notes concernant les observatoires du commencement de ce siècle]. **Cas, III, 1819, 70.**

3303. **Lindenau, B. von.** [Nachrichten über die neueren Sternwarten]. **ZfA, I, 1816, 93.**

3304. [**Brewster, D.**] (?) Observatory. Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh; vol. XV, 1822, p. 439.

3305. **Gautier, A.** Coup d'œil sur l'état actuel de l'astronomie pratique, en France et en Angleterre. **Bun$_1$, XXIV, 1823, 233; XXV, 1824, 3; XXVI, 1824, 161, 243; XXVII, 1824, 3, 81, 257; XXVIII, 1824, 89, 173, 253; XXIX, 1824, 3, 89.**

3306. **Lohrmann, W. G.** Description des observatoires principaux de l'Allemagne. **Cmp, III, 1827, 85.**

3307. **Quetelet, A.** Description des observatoires principaux d'Angleterre. **Cmp, IV, 1828, 313; V, 1829, 58.**

3308. **Quetelet, A.** Notes extraites d'un voyage scientifique fait en Allemagne pendant l'été de 1829. **Cmp, VI, 1830, 126, 161, 225.**

3309. **Encke, J. F.** Ueber die astronomischen Anstalten Englands; 8°, Berlin, 1841.

3310. **Littrow, C. L. von.** Deutschlands vorzüglichste Sternwarte. Dans son Kalender für alle Stande, 8°, Wien; année 1848.

3311. **Forbes, J. D.** National observatories; 8°, Edinburgh, 1850.

3312. **Loomis, E.** The recent progress of astronomy, especially in the United States; 8°, New York, 3e édit., 1856.

3313. **Quetelet, E.** Des observatoires du nord de l'Allemagne et de la Hollande. **Bruxelles, Ann, 1857, 180.**

3314. **Mailly, E.** Relation d'un voyage fait en Sicile et dans le midi de l'Italie. **Bruxelles, Ann, 1859, 226.**

3315. **Mailly, E.** Précis de l'histoire de l'astronomie aux États-Unis d'Amérique. **Bruxelles, Ann, 1860, 255.**

3316. **Mailly, E.** Les observatoires de la Grande-Bretagne et de l'Irlande. **Bruxelles, Ann, 1864, 281.**

3317. **Mailly, E.** L'Espagne scientifique. **Bruxelles, Ann, 1868, 245.**

3318. **Mailly, E.** Tableau de l'astronomie dans l'hémisphère austral et dans l'Inde. **Bruxelles, Mcr', XXIII, 1873, n° 2.**

3319. **André, C., Rayet, G. & Angot, A.** L'astronomie pratique et les observatoires; 5 vol. 12°, Paris, 1874-1881.

3320. **Perrotin, J.** Visite à divers observatoires d'Europe, notes de voyage; 8°, Paris, 1881.

Les trois notices suivantes paraissent annuellement, et donnent une idée des travaux courants qui s'exécutent dans les principaux observatoires :

3321. *** Account of proceedings of observatories. **London, MNt, 1860** et années suivantes. — Travaux annuels des observatoires publics et privés de la Grande-Bretagne, de l'Irlande et des colonies.

3322. *** Berichte über die Thätigkeit der Sternwarten. **Leipzig, Vjh, 1877** et années suivantes. — Travaux annuels des principaux observatoires de l'Europe centrale.

3323. **Holden, E. S.** Reports of observatories. Annexé aux Annual reports of the board of regents of the Smithsonian Institution, 8°, Washington. — A partir de l'année 1879; observatoires de l'Amérique du Nord.

Une table des positions géographiques des principaux observatoires figure annuellement dans le **NAI.** *Wolfers* en a dressé une avec grand soin, dans **BaJ, 1842, 283.**

Mais depuis cette époque, un grand nombre de déterminations nouvelles ont été exécutées, et de nombreuses liaisons télégraphiques ont été établies. Une table raisonnée de ces résultats a été donnée par *Auwers,* dans le Geographisches Jahrbuch begründet 1866 durch *E. Behm,* herausgegeben von *H. Wagner,* 8°, Gotha; vol. VII, 1878, p. 660; reproduite avec additions, vol. VIII, 1881, p. 507. Cette dernière édition renferme les coordonnées géographiques de 144 observatoires, tant publics que particuliers.

§ 360. PREMIERS OBSERVATOIRES OFFICIELS.

Nous rangerons ici, dans l'ordre chronologique, les observatoires fondés par les différents gouvernements jusqu'en 1750. A cette dernière date, les grandes capitales de l'Europe étaient pourvues d'établissements astronomiques.

Leide.

Il y a une histoire de cet observatoire, par *F. Kaiser,* en tête du vol. I des Annalen der Sterrewacht te Leiden; 4°, Leiden, 1868. On y voit que cet établissement a été fondé en 1632. Il fut pourvu, en 1636, d'une grande tour munie d'une horloge publique. Il reçut certains accroissements en 1689.

Cet établissement était rélié à l'université. De nouveaux instruments furent acquis de temps à autre, pendant le XVIIIe siècle. En 1817, on en fit un renouvellement complet. Mais l'édifice ne répondait plus aux exigences des observations modernes.

En 1858 on commença en conséquence un nouvel observatoire, qui fut achevé en 1860.

D'après les documents fournis par la notice historique de *Kaiser,* on peut restituer, croyons-nous, de la manière suivante, la liste des directeurs de cet établissement : 1632, *J. Golius;* 1667, *S. C. Kechel;* 1668, *C. Melder;* 1682, *B. de Volder;* 1705, M. Zumbach *de Koesfeld;* 1717, *W. J. s' Gravesande;* 1742, *J. Lulofs;* 1768, *D. Van de Wijnpersse;* 1794, *P. Nieuwland;* 1797, *J. A. Fas;* 1799, *J. F. Van Beeck-Calkoen;* 1812, *C. Ekama;* 1837, *F. Kaiser;* 1872 , *H. G. Vande Sande Bakhuijzen.*

Il y a une description de l'ancien observatoire :

3324. Kaiser, F. Het observatorium te Leiden ; 8°, Leiden, 1838.

Celle du nouveau est dans les Annalen déjà citées. On peut voir aussi :

3325. Kaiser, F. Nachrichten über die neue Sternwarte in Leiden. ANn, LX, 1863, 273.

Il y a une notice abrégée dans WfA, VI, 1863, 325.

Il se publie tous les ans, depuis 1862, un rapport sur les travaux de l'établissement, intitulé :

3326. Verslag van der staat der Sterrewacht en van de aldaar volbragte werkzaamheden; 8°, Amsterdam.

Les observations sont dans les Annalen, dont il sera reparlé au chapitre suivant. L'établissement actuel possède un cercle méridien de *Repsold,* et un réfracteur de *Merz & Mahler* de 0^m,16 d'ouverture.

Copenhague.

Cet observatoire fut fondé en 1637, mais achevé seulement en 1656. Il fut reconstruit en 1704, sur une éminence découverte, un peu à l'ouest du premier emplacement. On l'appelait alors Observatorium Tusculaneum. C'est là que se trouvait la « rota meridiana » de *Roemer,* de 1m,7 de diamètre. Mais il fut abandonné en 1710, à la mort de cet astronome, et finit par être détruit par un incendie en 1728.

A la suite de cet événement, on établit l'observatoire dans la Tour Ronde, comme dépendance de l'université. Vers la fin du XVIIIe siècle, son principal instrument était un quadrant mural de 1m,8 de rayon.

En 1820, il fallut, pour installer une lunette méridienne de *Reichenbach,* construire une annexe en bois, sur le bastion Holken.

En 1857, l'établissement fut complétement réorganisé, et placé sur le glacis de la forteresse, entre la citadelle et la Osterthor.

L'histoire fort intéressante de l'ancien Observatoire se trouve dans trois chapitres de la Basis astronomiae de P_1. *Horrebow,* 4°, Havniae, 1735 [reproduit au t. III, der ses Opera, 3 vol. 4°, Havniae, 1740], intitulés :

De turri astronomica ;
De Observatorio Roemeri domestico;
De Observatorio Tusculano Roemeri.

On peut consulter en outre :

5327. *** Historisk beretning om Universitaets-Observatoriet paa Rundetaarn; 4°, Kjöbenhavn, 1826.

Il y a également un résumé de l'histoire de cet établissement célèbre, dans

5328. Grant, R. History of physical astronomy; 8°, London, 1852. — Voir p. 463.

On peut voir, sur le nouvel Observatoire, les ANn, XIX, 1842, 119; et sur l'équatorial de *Merz* de 0m,28 d'ouverture, le WfA, VI, 1863, 270.

Nous croyons que la liste suivante des astronomes qui ont successivement dirigé cet établissement, est fort près de la vérité : 1637, *C. Lumborg* [en latin *Longomontanus*]; 1647, *T. Bartholin;* 1681, *O. Roemer;* 1714, P_1. *Horrebow;* 1753, *C. Horrebow;* 1776, *C. G. Kratzenstein;* 1780, *T. Bugge;* 1815, *H. C. Schumacher;* 1822, *von Caroc;* 1832, *C. F. R. Olufsen;* 1856, *H. d'Arrest;* 1876, *T. N. Thiele.*

Paris.

L'Observatoire national de Paris fut élevé en 1667, sous l'inspection de l'Académie des sciences, d'après les plans de *C. Perrault.* Le détail des constructions est donné dans l'ouvrage de *Blondel,* Architecture française; 4 vol. fol. Paris, 1752-1756. Une vue de l'édifice primitif se trouve dans une planche de *Le Monnier*, Histoire céleste; 4°, Paris, 1741.

Ce premier bâtiment se composait d'une vaste salle centrale et de deux tours, l'une à l'est, l'autre à l'ouest. Ce fut dans cette dernière que *Picard* et *Lahire* installèrent, en 1682, un quadrant mural (*Lahire,* Tables astronomiques; 4°, Paris, 1735).

Mais on reconnut bientôt que l'édifice avait été disposé d'une manière peu favorable pour les observations. Aussi fut-on forcé d'ajouter, en 1732, un cabinet, au delà de la tour de l'est, pour l'installation d'un quadrant mural, et en 1742, un second cabinet, à la suite du premier, pour l'emploi d'un quadrant mobile. En 1760 on construisit, au sud de ces deux cabinets, pour prendre des hauteurs correspondantes, une tourelle à toit tournant, la première de l'espèce que nous ayons trouvée mentionnée. L'édifice principal étant délabré, on le restaura de 1786 à 1793, puis on le dégagea, et l'on forma la belle terrasse qui le borde au midi.

En 1832, les cabinets d'observation furent reconstruits, on ajouta un amphithéâtre pour les cours publics, et l'on éleva sur la terrasse supérieure une coupole à toit mobile. Les instruments allant en s'agrandissant, il fallut édifier, en 1850, un dôme destiné au grand équatorial. Il fut placé au sommet des constructions. En 1872, les terrains ont été agrandis, du côté du midi.

On consultera, sur l'histoire de cet important observatoire :

3329. Cassini de Thury, J. D. Memoires pour servir à l'histoire des sciences et à celle de l'Observatoire royal de Paris, suivis de la vie de J. D. Cassini écrite par lui-même; 4°, Paris, 1810.

On verra, en outre :

Bernoulli, J_3., Lettres astronomiques, 8°, Berlin, 1771, p. 135.

Gautier, A., dans Bun_1, XXVII, 1824, 257; XXVIII, 1825, 89....

De Zach, dans CAS, X, 1824, 590.

Arago, dans Paris, ABL, 1844, 361.

Les mondes, 8°, Paris; vol. VI, 1864, p. 487; vol. IX, 1865, p. 411. — En allemand, sous le titre : Die neuer grossen Instrumente der Pariser Sternwarte, dans *Carl,* Repertorium für physikalische Technik, 8°, München; vol. I, 1865, p. 299.

*** Mémoire sur l'état actuel de l'Observatoire impérial; 4°, Paris, 1870.

Le Verrier, dans le Bulletin de l'Association scientifique de France, 8°, Paris; vol. XVII, 1875, p. 5.

Le matériel de l'Observatoire de Paris a été renouvelé maintes fois depuis la fondation de l'établissement. Le cercle méridien employé aujourd'hui à 0m30 d'ouverture.

Bien qu'à l'origine il n'y ait pas eu, paraît-il, de directeur en titre, on peut regarder les astronomes suivants comme ayant successivement dirigé les travaux de cet observatoire : 1671, *J. D. Cassini;* 1712, *J. Cassini;* 1756, *C. F. Cassini de Thury;* 1784, *J. D. Cassini de Thury;* 1795, *J. J. de Lalande;* 1801, *P. Méchain;* 1804, *A. Bouvard;* 1811, *F. Arago;* 1853, *U. J. Le Verrier;* 1871, *C. Delaunay;* 1873, *U. J. Le Verrier;* 1878, *E. Mouchez.*

Péking.

Par une coïncidence assez piquante, ce fut à l'époque même où l'on élevait l'Observatoire de Paris que *Verbiest* organisait, d'après la science européenne, l'Observatoire de Péking, jusque-là exclusivement chinois par le caractère. Les premiers instruments européens furent placés, à Péking, en 1668, un an après la fondation de l'Observatoire de Paris.

On trouve la description de l'Observatoire de Péking dans l'Astronomia europaea de *Verbiest* (voir § 49, n° 294). Les principaux instruments étaient un quadrant de $1^{m},8$ de rayon, et un sextant de $2^{m},4$. Il y avait en outre un globe céleste et une sphère armillaire de grande dimension.

Greenwich.

Cet observatoire fut bâti en 1675, dans le parc de Greenwich, par l'architecte *C. Wren,* en vertu d'une ordonnance royale du 4 mai 1675. Il ne consistait à l'origine qu'en une tour octogone. Le premier instrument qu'on y plaçât fut un sextant de $2^{m},06$ de rayon, qui servit à prendre des distances entre les étoiles, depuis 1676 jusqu'en 1687 (*Flamsteed,* Historia coelestis, 3 vol. fol., London; vol. III, 1725, proleg., p. 104).

En 1680, *Flamsteed* fit ajouter un pavillon, pour installer le secteur mural de $1^{m},7$ avec lequel il fit son catalogue d'étoiles. Le Board of visitors ou commission d'inspection fut créé en 1710.

Lorsque *Halley* prit la direction de l'établissement, son premier soin, dès 1721, fut de placer une lunette méridienne. En 1749, et dans les années qui suivirent immédiatement, le matériel fut fort amélioré : on transporta à Greenwich le secteur zénital qui avait servi à *Bradley* à découvrir l'aberration, lorsqu'il observait encore à Wansted; *Bird* fournit un quadrant mural de $2^{m},4$ de rayon, et redivisa celui de *Graham.*

Une ordonnance de 1765 confirma le droit de surveillance de la Société Royale, exercé par le Board of visitors.

En 1770, on établit au-dessus des tourelles deux dômes tournants. Deux ans après, en 1772, le quadrant du sud reçut un objectif achromatique, le premier qu'il y ait eu à Greenwich; il avait 68 millimètres d'ouverture. En 1779, on reconnut la nécessité d'élargir les trappes méridiennes, qui n'avaient jusque-là que $0^{m},15$.

Au commencement du siècle présent, l'extension de l'Observatoire était devenue nécessaire. On s'en occupa en 1811, en construisant deux rectangles, dont l'un, à l'est, devint l'Observatoire proprement dit, avec des salles pour les instruments méridiens, la bibliothèque et les bureaux, et l'autre, à l'ouest, servit de logement au directeur. C'est dans l'une des nouvelles salles que fut mis en place, en 1812, le cercle mural de *E. Troughton,* gradué sur la tranche, de $1^{m},5$ de diamètre.

L'organisation actuelle de l'Observatoire de Greenwich repose sur une ordonnance de 1830. Aux termes de cette ordonnance, le Board of visitors se compose de membres de la Société Royale, de membres de la Société astronomique, et des professeurs d'astronomie d'Oxford et de Cambridge.

En 1844 fut érigé le premier altazimuth, conçu par *Airy,* et exécuté par *Ransome* & *May* pour la monture, et par *Troughton* & *Simms* pour la graduation. Le chronographe galvanique est décrit dans le volume des observations qui a paru en 1857.

La dernière accession aux bâtiments fut le vaste dôme du sud-est, élevé en 1859 pour abriter le grand équatorial.

Le plan des bâtiments et des terrains de l'Observatoire de Greenwich, avec une explication et une notice historique, se trouve dans **Greenwich, Obs, 1862, app. II.**

On pourra voir, sur l'état de l'Observatoire à différentes époques :

5330. Airy, G. B. The history of the Royal Observatory at Greenwich; 4°, London, 1838. — Ecrit pour la Penny Cyclopaedia of useful knowledge.

5331. Baily, F. Account of the observations made by E. Halley. **London, MAS, VIII, 1834, 169.**

5332. Rigaud, S. P. Some particulars respecting the principal instruments at Greenwich in the time of Halley. **London, MAS, IX, 1836, 205.**

5333. [Bradley, J.] State of instruments at the Greenwich Observatory, when Dr. Bradley became astronomer royal. Dans *Bradley,* Miscellaneous works and correspondence, 4°, Oxford, 1832; p. 381.

Les notices dont l'indication suit fourniront aussi des renseignements historiques :

Bernoulli, J_3., dans ses Lettres astronomiques, 8°, Berlin, 1771; p. 77.

Pictet, M. A. & *Maurice, F. G.*, dans Bibliothèque britannique, sciences et arts, 8°, Genève; vol, VI, 1797, p. 176.

Lindenau, B. von, Beiträge zur Geschichte der Greenwicher Sternwarte, dans **ZfA, II, 1816, 199.**

Gautier, A., dans **Bun_1, XXIV, 1823, 233.**

De Zach, dans **Cas, X, 1824, 381.**

Quetelet, A., dans **Cmp, IV, 1828, 313.**

Mailly, dans **Bruxelles, Ann, 1864, 286.**

Meibauer, R. O., Die Sternwarte zu Greenwich; 8°, Berlin, 1868.

André & *Rayet,* dans leur Astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 1.

[*Klein*], dans **Sir, XI, 1878, 1...**

Perrotin, dans son ouvrage Visite à divers observatoires, 1881; p. 100.

Lynn, W. T., Sketch of the history of the Royal Observatory, Greenwich; dans Companion to the Almanac or year-book of general information, 12°, London; année 1881, p. 16.

On peut suivre les travaux de cet observatoire dans les rapports annuels du directeur :

3334. **Report of the astronomer royal to the Board of visitors**; 4°, London, commençant en 1836 et annuel depuis lors. — Ces rapports sont insérés, en outre, dans les volumes annuels d'observations, dont on parlera au chapitre suivant.

L'Observatoire de Greenwich a eu pour directeurs : 1675, *J. Flamsteed;* 1720, *E. Halley;* 1742, *J. Bradley;* 1762, *N. Bliss;* 1765, *N. Maskelyne;* 1811, *J. Pond;* 1835, *G. B. Airy;* 1881, *W. H. M. Christie.*

Berlin.

L'Observatoire de Berlin fut fondé en 1705, à l'instigation de *Leibnitz*. Les observations commencèrent en 1706; mais les constructions ne furent achevées qu'en 1711. Il était formé d'une grande tour carrée, à cinq étages, de 14^{m} de côté et de 27^{m} de haut, placée au nord de la ville, au faubourg de Dorotheenstadt.

Cet observatoire fut aménagé de nouveau en 1787, puis en 1800. En 1835, on construisit un nouvel observatoire, à l'extrémité et dans l'axe de Charlotten Strasse.

Il y a des notices historiques sur l'Observatoire de Berlin, par

3335. **Bode, J. E.** Kurze Geschichte der Sternwarte zu Berlin. **BaJ, 1804, 226.** — En français : **Berlin, Mém$_2$, 1801, 144.**

Avec un plan de l'ancien Observatoire.

3336. **Encke, J. F.** Einleitung. Dans les Astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte in Berlin, fol., Berlin; vol. I, 1840.

Il y a, en outre, des articles moins complets de

Quetelet, A., dans **Cmp, VI, 1830, 140.**

Jahn, dans **Unt, VII, 1853, 281, 297.**

Perrotin, Visite à divers observatoires d'Europe, 1881; p. 32.

La liste des directeurs peut être établie de la manière suivante : 1706, *G. Kirch;* 1710, *J. H. Hoffmann;* 1717, *C. Kirch;* 1740, *J. W. Wagner;* 1745, *A. N. Grischow;* 1754, *J. Kies;* 1755, *F. U. T. Aepinus;* 1756, *J. J. Huber;* 1767, *Jean$_3$ Bernoulli;* 1786, *J. E. Bode;* 1825, *J. F. Encke;* 1865, *W. J. Foerster.*

LISBONNE.

Le collége Saint-Antoine, appartenant aux jésuites, avait un observatoire depuis 1722. Cet observatoire fut repris par l'État et transporté au palais royal en 1728. En 1787 il fut placé an château Saint-George. Il forma en 1798 un établissement séparé; mais il cessa d'être actif en 1826. En 1837, il fut réorganisé comme observatoire de la marine, et annexé à l'École polytechnique, puis à l'École navale qui, en 1845, succéda à celle-ci.

On reconnut, vers cette époque, la nécessité de construire un édifice qui fût mieux en rapport avec les exigences des observations modernes. Le nouveau bâtiment fut élevé en 1857. En 1876, l'établissement prit le titre d'Observatoire royal.

Les directeurs ont été successivement : 1722, *J. B. Carbone; .....*; 1787, *C. Gomes de Villas-boas;* 1800, *M. do Espirito-Santo Limpo;* 1806. *P. J. M. Ciera;* 1823, *M. V. do Couto;* 1840, *T. da Silveira;* 1863, *F. Folque;* 1880, *F. A. Oom.*

On trouve, dans les collections scientifiques, plusieurs notices sur cet observatoire, notamment :

Lipsia, AcE, 1725, 75; 1726, 365; NAc, Suppl., I, 1735, 219, 363.

London, PTr, 1726, n° 394; 1727, n° 400; 1728, n° 401, 403.

JdS_1, 1787, 304.

Faye, L'Observatoire de la marine à Lisbonne, dans Paris, Crh, XXX, 1850, 802.

A fundação de um observatorio astronomico em Lisboa; 4°, Lisboa, 1857.

Peixoto, A. F. da Rocha, Sobre a organisação do real observatorio astronomico de Lisboa, dans Jornal de sciencias mathematicas e astronomicas publicado pelo *F. G. Teixeira,* 8°, Coimbra; vol. I, 1878, p. 66, 121.

Il existe, du reste, une histoire de cet observatoire, savoir :

3337. **Ribeiro, J. S.** O real Observatorio astronomico de Lisboa, noticia historica e descriptiva; 8°, Lisboa, 1871.

Ce travail se retrouve en substance dans l'ouvrage de *J. S. Ribeiro,* Historia dos estabelecimentos scientificos de Portugal, 9 vol. 8°, Lisboa; t. III, 1871, p. 361; t. VIII, 1879, p. 214.

SAINT PÉTERSBOURG.

L'Observatoire de Saint Pétersbourg fut établi dans les bâtiments de l'Académie, en 1725. Il fut réorganisé en 1747. Il a eu pour directeurs : 1725, *J. N. de l'Isle;* 1748,... *Krassilnikow;* 1750, *S. Rumovski;* 1806, *V. Wisniewsky;* 1856, *A. Sawitsch.*

Il y a des notices descriptives par

Wisniewsky, dans BaJ, 1807, 209.

3338. **F. Struve,** Esquisse historique de l'Observatoire de l'Académie de St. Pétersbourg, dans la Description de l'Observatoire de Poulkova, 4°, St. Pétersbourg; 1845.

Vienne.

Le Collége académique possédait, depuis 1735, quelques instruments dont *Franz* s'est servi. En 1745, un observatoire fut érigé comme annexe de l'université. Toutefois il ne fut guère complété qu'en 1756. Cet observatoire fut reconstruit de 1820 à 1826. En 1874, on résolut de transporter l'établissement hors de la ville, où il fut achevé en 1879. Une immense coupole est destinée à l'équatorial, qui est, pour le moment, le plus grand qui existe.

Les directeurs ont été : 1745, *M. Hell;* 1792, *F. d. P. Triesnecker;* 1817, *J. T. Bürg;* 1819, *J. J. Littrow;* 1841, *C. L. von Littrow;* 1878, *E_1. Weiss.*

On trouve une description de l'Observatoire primitif, au Collége académique, dans *J. Marinonius,* De astronomica specula domestica et organico apparatu astronomico cum multis tabulis aeneis; fol., Viennae, 1741.

Il y a une notice sur les instruments de l'ancien observatoire, dans **London, PTr, 1765, 150.** Sur celui de 1820 on peut voir un article de la **Cas, IV, 1820, 359.**

Sur le nouvel observatoire, il y a des communications de *E_1. Weiss* dans **Leipzig, Vjh, XIII, 1878, 173; XIV, 1879, 171.** Nous indiquerons aussi les articles descriptifs : **Sir, VIII, 1875, 258...; WfA, XIX, 1876, 62...**

Enfin on consultera la notice de

3339. **De la Rue, W.** On the preparations which are being made on the continent for promoting physico-astronomical observations. **London, MNt, XXXVI, 1876, 3.**

Moscou.

Cet observatoire fut fondé en 1750, comme dépendance de l'université. Un nouveau bâtiment fut construit, en 1805, dans le Bielogorod. L'établissement a eu pour directeurs : 1750, ... *Krassilnikow;* 1775 (?), ... *Pankewitsch;* 1804, *C. F. Goldbach;* 1811, ... *Fischer;* 1824, *D. Perevotschikow;* 1850 (?), *A. Draschussoff;* 1856, *K. G. Schweizer;* 1876, *T. Bredichin.*

On trouvera des notices sur l'Observatoire de Moscou, à différentes époques, par

Goldbach, dans **BaJ, 1809, 277.**

Schweizer, dans **Unt, VII, 1853, 15.**

Stockholm.

Le gouvernement suédois fonda, en 1750, l'Observatoire de Stockholm. C'est là que *Wargentin* fit de longues séries d'observations des satellites de Jupiter, qui permirent de former les premières tables utiles des éclipses de ces satellites. Le temps est inscrit aujourd'hui à l'aide d'un chronographe. On trouvera une notice sur l'observatoire actuel dans

Holden, Reports of observatories; année 1880, p. 102.

Perrotin, Visite à divers observatoires, 1881; p. 54.

OBSERVATOIRES DES COLLÉGES ET DES UNIVERSITÉS.

Indépendamment des grandes créations soutenues par les gouvernements, on avait érigé différents observatoires dans les établissements d'instruction.

Celui du collége d'ABERDEEN fut un des premiers de cette espèce, ayant été fondé en 1694; mais il ne se soutint pas définitivement. Vers la fin du siècle dernier, en 1781, *Copeland* le rétablit, à l'aide d'une souscription publique. C'est, à notre connaissance, le premier exemple d'un observatoire élevé par des contributions volontaires. L'État ayant besoin des terrains où il était construit, il fut abattu en 1794, pour être remplacé par une caserne; mais en 1797 on en construisit un nouveau. Celui-ci toutefois n'a pas non plus subsisté longtemps.

Voyez Edinburgh Encyclopaedia; vol. XV, 1822, p. 444.

En 1702, le collége Sainte-Croix, à MARSEILLE, appartenant à la Société de Jésus, organisa un petit observatoire, où *Laval* et ensuite *Pezenas* firent des observations. Cet établissement scientifique fut repris par l'administration de la marine, en 1749. C'était un bâtiment de trois étages, allongé dans le sens est-ouest, construit sur le sommet de la butte des Moulins. En 1797 il fut réparé; mais il ne satisfaisait plus aux besoins de la science. Aussi un nouvel établissement fut-il élevé, en 1869, sur la colline de Longchamps, comme succursale de l'Observatoire de Paris.

Il y a des notices sur cet établissement par

J_3. Bernoulli, Lettres sur différents sujets; vol. II, 1777, let. v.

A. Gautier, dans **Bun_1, XXVIII, 1824, 89.**

CdT, 1826, 219.

Tisserand, dans **Paris, ABL, 1881, 752.**

Doppelmayr rapporte (Tractatus de fabrica et usu instrumentorum astronomicorum, 4°, Norimbergae, 1721; p. 108) qu'en 1713 on avait formé un observatoire, à l'université alors célèbre d'ALTORF, près de Nuremberg. Mais cet établissement ne s'est pas soutenu après 1723, et nous n'en savons que peu de choses.

Nuremberg même n'eut pas à proprement parler d'observatoire ayant un caractère public. *Eimmart* s'en était fait un, dans cette ville, en 1678, où il observa jusqu'en 1705 (**Lalande, Ast_3, I, 1792, xxxviij**). En 1692, *Wurzelbau* s'en construisit un autre, qu'il a décrit dans son ouvrage : Uranies noricae basis astronomica; fol., Norinbergae, 1719. Mais ces établissements n'ont pas été permanents.

L'Observatoire de CASSEL fut organisé en 1714; *Zumbach de Koesfeld* le dirigea jusqu'en 1728. Il fut renouvelé vers 1775. *Matsko* y observait en 1792; mais cet établissement a dû être fermé peu de temps après. — *J_3. Bernoulli,* Lettres astronomiques, 1771; p. 39. — **BaJ, 1780, 191. — Lalande, Ast_3, I, 1792, xxxix.**

L'Université de Bologne eut aussi son observatoire, dès 1714, et cet établissement subsista. Il fut d'abord placé au palais de l'Institut. Il a montré quelque activité vers la fin du siècle dernier et au commencement du siècle présent.

Dans la nouvelle organisation des observatoires italiens, de 1875, l'Observatoire de Bologne a cessé de figurer parmi les observatoires astronomiques.

On peut voir l'article de *André, Rayet & Angot*, dans leur Astronomie pratique et les observatoires; vol. V, 1878, p. 67.

L'Université de Pise suivit celle de Bologne, et en 1730 fit établir un observatoire (Edinburg Encyclopaedia; vol. XV, 1822, p. 447). Des observations qui ne sont pas sans importance y ont été faites par *Slop von Cadenberg*, ainsi qu'on le verra au chapitre suivant.

Dans le nord, l'Université d'Upsal fut la première à organiser un observatoire. Cet établissement, qui a subsisté sans interruption, date de 1730. Il a été décrit vers cette époque par

3340. **Celsius, A.** Nyttan af ett astronomiskt Observatorium uti Swerige; 4°, Upsala, 1739.

Il y a, du même auteur, un dessin de ce premier observatoire, sous le titre : Imago speculae upsaliensis.

En 1854, cet ancien observatoire fut remplacé par un nouvel édifice, tout semblable à l'Observatoire moderne de Berlin.

Il y en a une courte notice dans

Perrotin, Visite à divers observatoires d'Europe, 1881 ; p. 58.

Gottingue. Fondé en 1734, en même temps que l'Université, dans une des tours rondes des anciennes fortifications, qu'on entoura d'une galerie extérieure. En 1811, on transféra l'observatoire près de la porte méridionale de la ville. Ce nouveau bâtiment forme un rectangle, surmonté d'une coupole au-dessus du vestibule central; une terrasse entoure tout l'édifice. — *J_3. Bernoulli*, Lettres astronomiques, 1771; p. 10. — *Harding*, dans **MCz**, XXII, 1810, 199, 289. — **Cas**, II, 1819, 55. — *Gauss*, dans **ZfA**, IV, 1817, 119; dans **BaJ**, 1820, 203, et dans **London**, **MAS**, I, 1822, 129; articles reproduits dans **Gauss**, **Wrk**, VI, 1874, 393, 400, 429. — *Lohrmann*, dans **Cmp**, III, 1827, 89. — *A. Quetelet*, dans **Cmp**, VI, 1830, 175 [avec plan]. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 70.

L'Université de Giessen eut son observatoire en 1740, par l'initiative de *Gersten* (*J_3. Bernoulli*, Lettres astronomiques, 1771; p. 51).

Le couvent des Bénédictins de Kremsmünster, en Autriche, fit élever un observatoire, en 1748, dans le jardin de l'abbaye, à l'extrémité nord des bâtiments. C'était une tour massive haute de huit étages, accompagnée de deux ailes à cinq étages. Cet

édifice subsiste encore; il est toujours consacré aux usages astronomiques. On en voit l'élévation sur la page de titre de l'ouvrage de *Fixlmillner,* Decennium astronomicum, 4°, Styrae, 1776.

On trouve des descriptions, à différentes époques, par

Fixlmillner, dans J_3. *Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. I, 1777, addit. I.

Fixlmillner, dans BaJ, 1779, 55.

Reslhuber, dans Unt, X, 1856, 382...; XI, 1857, 4.

3341. Fellöcker, S. Geschichte der Sternwarte der Benediktiner-Abtei Kremsmünster, 1830-1869; 4°, Linz, 1869.

§ 361. OBSERVATOIRES DE LA SECONDE MOITIÉ DU XVIIIe SIÈCLE.

En 1750, les capitales de Paris, Londres [Greenwich], Copenhague, Vienne, Saint Pétersbourg, Moscou et Stockholm avaient des observatoires officiels.

Un grand nombre d'établissements nouveaux furent fondés pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle. Nous ne pouvons que les mentionner sommairement, en indiquant les notices les plus importantes, dans lesquelles ils sont décrits.

On peut considérer ces observatoires comme existant encore, à moins que le contraire ne soit spécifié.

Prague. Un observatoire fut fondé au collége de la Société de Jésus, nommé Collegium clementinum, dans l'Altstadt, en 1751. Il passa ensuite à l'État. — BaJ, 1817, 101; 1819, 147; 1820, 168; 1825, 129.

San Fernando. Observatoire de la Marine. Établi d'abord à Cadix, en 1753, sur une ancienne tour romaine. Cet observatoire, bientôt délaissé, ne reprit de l'activité qu'en 1773, sous *Tofiño & Varela.* En 1797, on éleva un nouvel observatoire à San Fernando. — *Tofiño & Varela,* Observationes astronomicas hechas en Cadiz, 2 vol. 4°, Madrid; voir vol. I, 1776. — Cas, XIV, 1826, 40. — ANn, IX, 1831, 373. — London, MAS, XI, 1840, 231. — Bruxelles, Ann, 1868, 269.

Wilna. Fondé à l'université en 1753. *Poczobut* le restaure et en complète l'outillage en 1764. Les travaux furent interrompus pendant la révolution, jusqu'en 1802. Le temps est inscrit aujourd'hui par chronographe. — *J. J. de Lalande,* Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 793. — ANn, XIX, 1842, 233.

Lund. Fondé comme dépendance de l'université en 1753. Réorganisé en 1866. — Lalande, Ast_3, I, 1792, xlv. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 61.

Turin. Établi en 1759 au haut d'une tour, au coin de la Piazza Castello. L'Académie des sciences en prit l'administration en 1790, et fit préparer de nouvelles installations dans le Palais de l'Académie. En 1820, l'établissement fut transféré sur une plate-forme du Palais Madame. En 1865, il devint une dépendance de l'université. — *De Zach*, dans **Cas, V, 1821, 489.** — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 3.

Greifswald. C'est probablement avant 1760 que *A. Mayer* établit quelques instruments à l'Université de Greifswald. En 1777 on bâtit un nouvel observatoire, qui semble n'avoir guère été actif après 1782. — J_3. *Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. I, 1777, p. 59. — J_3. *Bernoulli,* Nouvelles littéraires de divers pays; vol. IV, 1777, p. 24. — **BaJ, 1785, 176.**

Milan. Observatoire du Musée de Brera. Une grande lunette avait été installée au Musée, en 1760, par *Bovio* et *Guerra.* En 1763 un véritable observatoire fut organisé. C'était d'abord un bâtiment octogone; on y ajouta, en 1773, deux tours latérales. — *L. Lagrange,* dans **EpM, 1776, 137; 1778, 201; 1780, 273; 1782, 166.** — **JdS_1, 1776, sept.** — J_3. *Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. III, 1779. — *Reggio,* dans **EpM, 1782.** — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 12.

Breslau. Les observations ont commencé, vers 1760, au Gymnasium, où le professeur de mathématiques avait réuni quelques instruments. Elles se firent ensuite à l'université, où l'observatoire prit peu à peu ses développements. — *Brandes,* dans **MCz, XXVI, 1812, 406.** — **ANn, XIX, 1842, 217, 331.**

Padoue. Fondé en 1761 par le Sénat de Venise. Établi dans une tour massive, construite comme prison d'État, au XIIIe siècle, par le tyran *Ezzelino. Polenus* avait eu un observatoire particulier à Padoue en 1735-1740. — **MCz, XI, 1805, 415.** — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 89.

Montpellier. Il y a eu un observatoire dans cette ville en 1761 (**Cas, I, 1818, 247**). On y faisait encore des observations en 1788 (**Cas, II, 1819, 151**). Il paraît que cet observatoire fut transporté à Mezoules, près de Montpellier, vers 1802 (Recueil des bulletins publiés par la Société libre des sciences ... de Montpellier, 8°, Montpellier; vol. II, 1805, p. 345).

Tyrnau. Observatoire de l'université. Les observations ont commencé en 1762. En 1780, l'université fut transférée à Budapest. — J_3. *Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. I, 1777, p. 54.

Erlau. Bâti en 1763 pour l'université; n'a pas existé longtemps. — *Lalande,* Bibliographie astronomique, 1803; p. 826. — **Sir, XII, 1879, 265.**

Rome. Un observatoire permanent fut établi au Collége Romain en 1764. En 1787, on éleva pour l'observatoire une tour carrée, à l'angle oriental de la façade du Collége, sur la « via del Gesù. » Une nouvelle installation fut faite en 1853, reposant sur les immenses piliers qui avaient été destinés à soutenir le dôme de l'église Saint-Ignace. Cet observatoire a été repris par le gouvernement en 1879. Il a pour directeur actuel *P. Tacchini.* — Descrizione del nuovo osservatorio del Collegio Romano, dans **Roma, MOs$_2$, 1852-55.** — *Secchi,* dans **ANn, XXXVI, 1853, 177**; en allemand dans **Unt, VII, 1853, 133.** — *Mailly,* dans **Bruxelles, Ann, 1859, 271.** — *Gilbert,* L'Observatoire de Rome et ses travaux; 8°, Louvain, 1860. — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 110.

Cambridge (Angl.). Commencé à Christ College, puis à St. John College, en 1767. En 1769, un local spécial fut disposé au-dessus de la porte d'entrée de Trinity College. Le Sénat de l'Université fit construire un meilleur observatoire en 1820, lequel fut achevé en 1824. Il se compose de quatre salles formant un corps de bâtiment. — *J$_3$. Bernoulli,* Lettres astronomiques, 1771; p. 117. — *A. Gautier,* dans **Bun$_1$, XXVI, 1824, 161.** — *A. Quetelet,* dans **Cmp, V, 1829, 62.** — *Airy,* dans Astronomical observations made at the Observatory of Cambridge, vol. VI, 1834, p. v. — *Challis,* ibid., vol. XIV, 1845, p. j. — **London, MNt, VIII, 1848, 219.** — **Bruxelles, Ann, 1864, 354.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 62. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 123.

Utrecht. Observatoire de l'Université, fondé en 1767. Reconstruit en 1864. Cet établissement est un de ceux qui possèdent un altazimuth. — **ANn, XXII, 1845, 241.** — **Bruxelles, Ann, 1857, 93.**

Würzebourg. En 1768, un observatoire fut établi dans cette ville par *Huberti;* mais il n'a pas subsisté. — **Lalande, Ast$_3$, I, 1792, xxxix.**

Richmond. Observatoire élevé en 1768, dans le parc du château. *Rigaud* y fit quelques observations; l'établissement fut ensuite abandonné. — Edinburgh Encyclopaedia; vol. XV, 1822, p. 442.

Lambhuus, Islande. Établi en 1768 (?). — *Verdun de la Crenne, Borda & Pingré,* Voyage ... pour la détermination des longitudes en mer, 2 vol. 4°, Paris, 1778; vol. I. — **BaJ, 1792, 207.**

Cavan, près Strabane, comté de Donegal, Irlande. Observatoire particulier de *C. Mason,* actif en 1769 et années voisines. — **London, PTr, 1770, 454.**

Oxford. Observatoire *Radcliffe,* appelé du nom de son fondateur qui laissa, en 1772, un legs pour l'ériger. Le terrain fut donné par *Malborough.* Depuis 1858, le temps des observations est pris au chronographe. — *Hornsby,* dans **BaJ, 1777, 163.**

— ZfA, II, 1816, 240. — *A. Gautier,* dans Bun₁, XXVI, 1824, 161. — *A. Quetelet,* dans Cmp, V, 1829, 58. — London, MNt, VIII, 1848, 218. — London, MAS, XIX, 1851, 253. — *Mailly,* dans Bruxelles, Ann, 1864, 362. — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 53. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 128.

Le directeur public tous les ans, depuis 1849, un rapport sur les travaux de l'établissement, intitulé : Report of the Radcliffe observer, 8°, Oxford. Le directeur actuel est *E. J. Stone.*

Genève. Observatoire de la ville, fondé en 1771, achevé en 1773. Bâtiment octogone, élevé, en grande partie, aux frais de *J. A. Mallet,* sur une casemate du bastion St. Antoine. En 1829, le conseil représentatif du Canton décréta la construction d'un nouvel observatoire, qui fut élevé sur le même bastion, à peu de distance de l'ancien bâtiment. Il se compose d'un corps central n'ayant qu'un rez-de-chaussée et de deux tourelles latérales octogones, à coupoles hémisphériques. — *J_3. Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. I, 1777, let. III. — BaJ, 1778, 55, 62. — *A. Gautier,* dans Cmp, V, 1829, 266; VII, 1832, 48. — *R. Wolf,* dans sa Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, 4°, Zürich, 1879; p. 103, 288.

Mannheim. Un premier observatoire avait été établi au château électoral de Schwetzingen, à 10 kilomètres de Mannheim. Placé en 1772 à l'ouest de la ville, dans une tour de 32 mètres de diamètre, à murs très-épais. Inactif de 1794 à 1801. Transféré à Carlsruhe en 1879. — *J_3. Bernoulli,* Lettres astronomiques, 1771; p. 58. — JdS₁, 1789, 427, 559. — *Klüber,* Die Sternwarte zu Mannheim; 4°, Mannheim, 1811 [avec un dessin]. — *Von Ende,* dans MCz, XXIII, 1811, 417. — BaJ, 1814, 152. — *A. Quetelet,* dans Cmp, VI, 1830, 234 [reproduisant le dessin]. — Unt, III, 1849, 334; VI, 1852, 409.

Chislehurt, Kent. Observatoire particulier de *F. Wollaston,* actif en 1772 et quelques années suivantes. — London, PTr, 1773, 71.

Zurich. Fondé en 1773 sur le Karlsthurm (Carolus-Thurm), par les soins de la Société des naturalistes. Abandonné de 1798 à 1805. En 1810, un nouvel observatoire est construit plus à l'est; il est fermé en 1852. Enfin en 1860 l'observatoire est reconstruit au Polytechnikum, où il est inauguré en 1863. Il possède un chronographe. — Bun₁, X, 1819, 145. — *R. Wolf,* dans Wolf, Mth, III, 1866, n° XXI, XXII. — *A. Gautier,* Notice sur le nouvel Observatoire fédéral de Zurich dépendant de l'École polytechnique suisse; 8°, [Genève], sans date. — *R. Wolf,* dans sa Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, 4°, Zürich, 1879, p. 100, 162, 217, 298.

Danzig. Observatoire fondé par la Naturforschende Gesellschaft, annexé au Nautischen Lehranstalt ou École de navigation. Établi en 1773. — *N. M. von Wolf,* Descriptio observatorii gedanensis, dans ses Observationes astronomicae factae

Dantisci 1774-1784; 8°, Berolini, 1785. — **ANn, XXII, 1845, 161.** — Danzig in naturwissenschaftlichen und medizinischen Beziehung, 8°, Danzig, 1880; p. 235, 239, 242, 244, 261.

FLORENCE. *Ximenes* avait monté, au commencement du XVIIIe siècle, un premier observatoire, au Collége San Giovannino, dépendant de la Société de Jésus, plus tard appelé Scolopie [Écoles pies]. Le gouvernement fit établir, en 1774, un observatoire de l'État, au musée de physique et d'histoire naturelle, créé au palais Pitti. En 1872, l'observatoire fut transféré sur la colline d'Arcetri, où *Galilée* a habité pendant les dernières années de sa vie. — *De Vecchi,* Descrizione dell'Osservatorio imperiale di Firenze, dans les Annali del Museo di fisica e storia naturale, 4°. Firenze; vol. II, 1810, p. 5. — *Poggendorff,* Biographisch-Literarisches Handwörterbuch, 2 vol. 8°, vol. V, 1863; vol. II, Ximenes. — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; Leipzig, 1878, p. 47.

DUBLIN. Observatoire de Trinity College, fondé en 1774 au moyen d'un legs de *F. Andrews.* Le bâtiment est placé au milieu d'un vaste parc à Dunsink, 6 kilomètres au nord-ouest de Dublin. Il y a trois étages, surmontés d'une coupole tournante. On se sert d'un chronographe. Le plan se trouve annexé à **Dublin, Tra$_1$, I, 1787.** — **ZfA, II, 1816, 242.** — *A. Gautier,* dans **Bun$_1$, XXV, 1824, 3.** — **Bruxelles, Ann, 1864, 383.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 29. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 113.

PITSCHEN. Observatoire particulier de *Matuschka,* actif vers 1775-1780. — **BaJ, 1779, 46.**

ÉDIMBOURG. Observatoire royal. L'ancien observatoire, fondé par souscription en 1776, ne fut achevé qu'en 1792; on n'y a pas fait d'observations. Le nouvel observatoire fut projeté en 1812, et érigé par actions en 1818. La municipalité fit don du terrain. En 1834, la société fondatrice en céda à l'État l'administration, et en 1846 la propriété. Cet établissement est un de ceux qui possèdent un altazimuth. Depuis 1864, on y donne le signal de l'heure par un coup de canon (Transactions of the Royal Scottish Society of arts, 8°. Edinburgh; vol. VI, 1864, p. 136). — **Bun$_1$, XXVI, 1824, 243.** — **Cmp, IV, 1828, 324.** — *C. P. Smyth,* Remarks on the present state and future prospects of the Observatory of Edinburgh; 8°, Edinburgh, 1846. — **London, MNt, VIII, 1848, 216.** — **Bruxelles, Ann, 1864, 373.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 5. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 104.

C. P. Smyth a publié, à titre officiel : Report to the principal Secretary of State for the Home Department on the Royal Observatory of Edinburgh; 4°, Edinburgh, 1846. — Reports to the Board of visitors of the Royal Observatory, Edinburgh; depuis 1852.

Mitau. Observatoire du Gymnasium ou Collége, institué vers 1776. N'est plus actif, depuis 1845 environ. — *J_3. Bernoulli,* Nouvelles littéraires de divers pays; vol. V, 1778, p. 29. — **BaJ, 1825, 107. — ANn, VII, 1829, 359.**

Budapest. Lorsque l'Université de Tyrnau fut transférée dans cette ville, en 1780, l'Observatoire fut établi sur la colline du Blocksberg, près d'Ofen. A cessé d'être actif vers 1825. — **MCz, XI, 1805, 384, 470; XVIII, 1808, 253.** — Amtlicher Bericht über die Versammlung der Deutschen Naturforscher und Aerzte, 4°; année 1842, p. 86. — **Sir, XII, 1879, 97 . . . .**

Rio de Janeiro. L'Observatoire a été fondé en 1780. Il a été inactif dans les deux premiers tiers de ce siècle. Il a reçu une nouvelle organisation en 1871. — *Mailly,* dans **Bruxelles, Mcr', XXIII, 1873, 226.** — *Liais*, dans **Paris, Crh, LXXXII, 1876, 495.** — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. IV, 1881, p. 29.

Chelsea, Massachusetts. Observatoire particulier de *Payson,* actif vers 1780. — **Boston, Mem_1, I, 1785, 124.**

Mafra, Portugal. Observatoire du Collége Royal, actif depuis 1783 jusque vers la fin du siècle. — Historia e memorias da Academia de Lisboa, 4°, Lisboa; vol. II, 1799, p. 512.

Malte. En 1783, l'Ordre de Malte fait élever un observatoire, qu'un incendie détruit en 1789. — **Cas, II, 1819, 65.** — Edinburgh Encyclopaedia, 19 vol. 4°, Edinburgh; vol. XV, 1822, p. 447.

Lilienthal, près Brême. Observatoire particulier de *Schroeter,* établi en 1784; actif jusqu'en 1816. — **BaJ, 1788, 220; 1796, 158; 1797, 184.**

Palerme. Établi en 1786, au Palais Royal sur la tour Saint-Ninfa, ancienne résidence des émirs pendant la domination arabe. C'est là que *Piazzi* a formé son catalogue d'étoiles. — **BaJ, Sup, II, 1795, 51. — Bruxelles, Ann, 1859, 256.** — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 182.

Gotha. Observatoire de l'État, érigé, en 1787 (**Cas, III, 1819, 201,** note *), sur la colline du Seeberg, à 2 kilomètres de la ville. On y plaça un des premiers cercles entiers de *Ramsden.* En 1853, cet observatoire fut remplacé par un nouvel établissement, situé dans la Jägergasse, non loin du palais ducal. — **BaJ, 1789, 163; 1792, 164; 1793, 142; 1795, 105** [avec plan]; **1827, 143. — Cmp, III, 1827, 87** [avec plan]; **VI, 1830, 172.** — *F. Kaiser,* Gotha en de Seeberg; 8°, [Amsterdam], 1848. — **Unt, II, 1848, 20; IX, 1855, 389.** — *Hansen,* dans **Leipzig, Ber, 1859, 241. — WfA, II, 1859, 185.**

Leipzig. Observatoire de l'université. Construit de 1787 à 1794, sur la grande tour du château de Pleissenburg. En 1861, cet observatoire est remplacé par un nouvel édifice élevé à l'extrémité d'un faubourg. Le directeur actuel est *H. Bruns.* — Nachricht wegen der neuerrichteten Sternwarte; 4°, s. l., 1794. — *Von Brühl*, dans **MCz, VII, 1803, 167; VIII, 1803, 270.** — *A. Quetelet*, dans **Cmp, VI, 1830, 164** [avec plan]. — **Unt, I, 1847, 163...** — *Bruhns*, Geschichte und Beschreibung der Leipziger Sternwarte; 8°, Leipzig, 1861. — **WfA, V, 1862, 133. — ANn, LXVII, 1866, 341.**

Cracovie. Établi en 1787, comme dépendance de l'université. Transformé en 1809 par l'armée française en magasin à poudre. Rétabli ensuite dans une situation un peu différente, au nord du premier emplacement. — **ANn, XX, 1843, 169.**

Madras. Fondé en 1787 par la Compagnie des Indes-Orientales. Renouvelé en 1819. — *Mailly*, dans **Bruxelles, Mcr', XXIII, 1873, 124, 140.** — *André & Rayet*, L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 81.

Vérone. *Cagnoli* avait établi chez lui un observatoire particulier, en 1787. — **Lalande, Ast$_3$, I, 1792, xlvij.**

Bergen. Observatoire de la marine, fondé en 1788. Il y a un rapport sur la situation de cet observatoire : *Åstrand, J. J.*, Indberetning om Bergens Observatorium; aarene 1868, 1869 og 1870; Bericht über Bergens Observatorium in den Jahren 1868, 1869 und 1870; 4°, Bergen, 1871.

Naples. Décrété en 1788. Les constructions, commencées à l'angle nord-est de la Bibliothèque et du Musée, furent suspendues en 1790. En 1806, on appropria une des tours de l'ancien couvent de San Gaudioso. En 1812, on commença l'érection d'un nouvel observatoire sur la colline du Miradois, au lieu dit Capo-di-Monte. Les instruments y furent installés en 1819. — **Cas, II, 1819, 534.** — Raggualio del Reale Osservatorio di Napoli, eretto sulla collina di Capodimonte; 4°, Napoli, 1821. — *Mailly*, dans **Bruxelles, Ann, 1859, 247.** — *André, Rayet & Angot*, L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 159.

Madrid. Un premier observatoire fut établi au Buen Retiro en 1790. Les Français y ayant placé une batterie, à leur entrée à Madrid, en 1808, les instruments furent détruits par un incendie. On ne procéda à une reconstruction qu'en 1846. En 1852, les terrains furent agrandis, et l'on éleva un pavillon à toit tournant. — *Aguilar*, dans l'Annuario del Observatorio de Madrid; année 1860. — *Mailly*, dans **Bruxelles, Ann, 1868, 273.**

HAREFIELD, Middlesex. Observatoire particulier de *von Brühl,* actif en 1790 et quelques années suivantes. — **BaJ, 1797, 238; 1798, 113.**

ARMAGH. Fondé en 1792; dépendance de l'Université. — **ZfA, II, 1816, 243.** — **London, MAS, IX, 1836, 17.** — **Bruxelles, Ann, 1864, 386.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 37.

CARLSBOURG [WEISSENBURG], Transylvanie. — Fondé vers 1795 par *Bathyány;* n'a guère survécu à son fondateur, mort en 1798. — *Triesnecker,* De specula Albensi in Transilvania, dans **EpV, 1799.** — *Von Zach,* Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, 1799, p. 412.

COIMBRE. Établi en 1798. — **MCz, III, 1801, 180.** — *J. S. Ribeiro,* Historia dos estabelecimentos scientificos de Portugal, 9 vol. 8°; vol. IX, 1881, p. 264.

VIVIERS. Observatoire particulier de *Flaugergues,* à la fin du siècle dernier et au commencement du siècle présent. — *Lalande,* Bibliographie astronomique, 1803; p. 855. — **Cas, I, 1818, 160.**

AMSTERDAM. Observatoire de la Société Félix Meritis. — *Von Zach,* Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. I, 1798, p. 363. — **London, MAS, I, 1822, 147.** — Verhandelingen van de eerste klasse van het nederlandsche Instituut, 4°, Amsterdam; vol. VI, 1823, p. 297.

BRÊME. Observatoire particulier de *Olbers.* — *Von Zach,* Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. IV, 1799, p. 272. — *Lalande,* Bibliographie astronomique, 1803; p. 837. — **Cmp, VI, 1830, 135.**

REMPLIN. Observatoire particulier de *von Hahn,* actif vers la fin du siècle dernier. — **BaJ, 1797, 240.**

SALMANNSWEIL, Souabe. Observatoire de l'Abbaïe, actif vers la fin du siècle dernier. — **BaJ, Sup, III, 1797, 122.**

PARIS. Observatoires particuliers. On peut citer les observatoires établis aux Capucins de la rue St. Honoré [*Le Monnier*]; à l'Hôtel de Cluny [Obs. de la Marine]; au Collége Mazarin, maintenant l'Institut [*La Caille*]; au Luxembourg [*J. N. de l'Isle*]; à Ste Geneviève [*Pingré*]; à l'École militaire, fondée en 1768, supprimée en 1830; au Collége de France, élevé en 1835; à Montsouris, Observatoire annexe de la Guerre, fondé en 1874. — **Lalande, Ast_3, I, 1792, xxxij.** — **Arago, OEu, VI, 1856, 601.** — **Paris, ABL, 1876, 462.** — *Tisserand,* dans **Paris, ABL, 1881, 756, 762, 763.**

§ 562. OBSERVATOIRES DU XIXe SIÈCLE.

Nous donnerons dans l'ordre alphabétique des lieux les références relatives aux observatoires, tant publics que particuliers, élevés pendant le XIXe siècle.

Abo. Observatoire de l'université; fondé en 1818; détruit en 1830 par un incendie. — **Cas, III, 1819, 607; IV, 1820, 295** [avec un plan]. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 53.

Adelaïde, South Australia. Fondé par *C. Todd,* en 1860, comme observatoire particulier; repris ensuite par l'État. — **London, MNt, XXII, 1862, 88, 267; XXIX, 1869, 89.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 124.

Albany. Dudley Observatory. Fondé par souscription en 1851. Construit en forme de croix. Possède un chronographe. — *Loomis,* The recent progress of astronomy, 3e édit., 1856; p. 281. — **Bruxelles, Ann, 1860, 335.** — *G. W. Hough,* dans Annals of the Dudley Observatory, 8°, Albany; vol. I. 1866 [avec plan]. — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 138. — Reports of the astronomer in charge (depuis 1863).

Alfred Centre, New York. Fondé en 1864. — **ANn, LXVII, 1866, 311; LXXVI, 1870, 301.**

Allegheny City, Pennsylvanie. Observatoire de l'université, fondé en 1860. Temps par chronographe. — **AJS_3, IV, 1872, 327.** — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 122.

Altona. Fondé en 1815; transféré à Kiel en 1873. — *A. Quetelet,* dans **Cmp, VI, 1830, 128.** — *F. Struve & O. Struve,* Expédition chronométrique entre Altona et Greenwich; fol., St. Pétersbourg, 1846. — **ANn, XLIX, 1859, 1.**

Amherst, Massachusetts. Au collége d'enseignement supérieur; fondé en 1847. — *Loomis,* The recent progress of astronomy, 3e édit., 1856; p. 263. — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 114.

Annapolis, Maryland. Observatoire de l'Académie de marine. Fondé vers 1840 (?). — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 4.

Ann Arbor. A l'université du Michigan. Fondé en 1853. Cet observatoire fut un des premiers à employer un chronographe. — *Loomis,* The recent progress of astronomy, 3e édit., 1856; p. 277. — **Bruxelles, Ann, 1860, 335.** — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 119.

Anvers. Observatoire particulier de *A. de Boe;* fondé 1868. — **Bruxelles, Bul_2, XXIX, 1870, 495. — Sir, XIII, 1880, Taf, I** [photographie].

Ashurst. Observatoire particulier de *R. Snow,* mort en 1854. — **London, MNt, III, 1836, 128.**

Athènes. Construit en 1843 par la libéralité de *von Sina,* de Vienne. — **Unt, I, 1847, 419. — Arc_1, XXIV, 1853, 253. — ANn, XXXIII, 1852, 193; L, 1859, 267; LI, 1859, 49.**

Bale. Observatoire de l'Institut physique. Fondé en 1876. — **Leipzig, Vjh, XIV, 1880, 111.** — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 51.

Bath. Observatoire particulier de *H. Lawson,* 1844, de courte durée. — *Lawson,* On the arrangement of an observatory for astronomy and meteorology, at Lansdown Crescent, Bath; 8°, Bath, 1844.

Beaulieu. Observatoire particulier de *Eynard,* près de Genève, qui n'a eu qu'une courte existence. — **Bun_1, III, 1816, 149.**

Bedford. Observatoire particulier de *W. H. Smyth,* 1829, de courte durée. — **London, MNt, I, 1830, 197. — London, MAS, IV, 1831, 545.**

Benares. L'observatoire hindou a subi une rénovation et a reçu des instruments modernes, en 1826. — **London, MAS, III, 1829, 386; IV, 1831, 193.**

Berne. Construit en 1822; octogone régulier. — **Bun_1, XXI, 1822, 3. — AJS_1, VII, 1823, 375.** — *Trechsel,* Nachricht von der in den Jahren 1821 und 1822 in Bern errichteten Sternwarte; 8°, Bern, 1823. — **Unt, II, 1848, 257; VIII, 1854, 201. — Arc_1, XVI, 1851, 210.** — *R. Wolf,* Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, 4°, Zürich, 1879; p. 284. — Il y a de nombreux rapports sur les travaux, dans les Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 8°, Bern; années 1847-1865.

Biggleswade. Observatoire particulier de *T. Maclear.* — **London, MAS, VI, 1833, 147.**

Bilk, voyez Dusseldorf.

Birr Castle. Observatoire particulier fondé par *W. P. of Rosse* vers 1840. — **London, PTr, 1844, 321; 1868, 57.**

Blackheath. Observatoire particulier de *Groombridge,* dans le premier tiers de ce siècle. — **London, MAS, I, 1822, 139; II, 1826, 431.**

Bogota. Fondé en 1803, à l'instigation du botaniste *J. C. Mutis;* longtemps négligé; rétabli en 1865. — **Paris, Crh, XXV, 1847, 290.** — Memoirs read before the anthropological Society of London, 8°, London; vol. I, 1865, p. 254. — Annuaire de la Société météorologique de France, 12°, Paris; vol. XV, 1867, p. 209.

Bombay. Fondé en 1845. — **London, MNt, VIII, 1848, 52.**

Bonn. Observatoire de l'université, fondé en 1818. Reconstruit en 1837. — *E. Quetelet,* dans **Bruxelles, Ann, 1857, 181.** — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 80.

Bothkamp. Observatoire astro-physique fondé en 1869 par *von Bülow.* — *H. C. Vogel,* dans **ANn, LXXVII, 1871, 289.**

Brooklyn, près New York. Observatoire particulier de *E. Blunt,* établi vers 1820; actif un peu plus de vingt ans. — **AJS_1, XL, 1841, 30.**

Deux autres observatoires particuliers existent à présent à Brooklyn, l'un à *W. T. Gregg,* l'autre à *G. P. Serviss.* — Report of the Smithsonian Institution; année 1879, p. 540. — *Holden,* Reports of observatories; 1880, p. 5.

Bruxelles. Observatoire de l'État, construit en 1826. — **Bruxelles, Ann, 1837, 250; 1857, 139; 1874, 367; 1876, 149.** — Almanach séculaire de l'Observatoire de Bruxelles, 12°, Bruxelles, 1854; p. 401. — **Unt, VIII, 1854, 41.** — **Arc_1, XXV, 1854, 5, 135.** — Annales de l'Observatoire de Bruxelles, 4°, Bruxelles; vol. XI, 1857, p. 1 [avec plan]. — **WfA, I, 1858, 78.** — **Bma_1, X, 1876, 106.** — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 93. — Un Rapport sur l'état et les travaux de cet observatoire est adressé annuellement au Ministre de l'Intérieur, depuis 1837, et publié en brochure 8°.

Buenos-Ayres. En 1822; n'a subsisté que peu de temps. — **Cas, X, 1824, 101.**

Bushey-Heath. Observatoire particulier de *M. Beaufoy;* actif de 1816 à 1827. — **PMg_1, I, 1827, 46, 219, 290.** — **London, MAS, III, 1829, 69.**

Caire. Établi vers 1840; peu actif. — **Paris, Crh, XXVIII, 1849, 233; XCII, 1881, 1181.**

Calcutta. Observatoire de l'État, établi en 1826 dans Chourunghee. — **London, MAS, III, 1829, 358.**

Calcutta. Observatoire appartenant à la Société de Jésus. — **Spett. ital., Mem., VI, 1877, 76.**

Cambridge, États Unis d'Amérique. Observatoire de Harvard College. Fondé en 1827; instruments installés en 1839. Un bâtiment central à coupole, deux ailes, deux pavillons surmontés de dômes aux extrémités des ailes. Un chronographe a été employé dès 1849. Cet important observatoire a eu successivement pour directeurs : 1831, *W. C. Bond;* 1860, *G. P. Bond;* 1866, *J. Winlock;* 1875, *E. C. Pickering.* — *W. C. Bond,* Description of the Observatory at Cambridge, Massachusetts, dans **Boston, Mem_2, IV, 1849, 177. — Unt, IV, 1850, 70.** — *Loomis,* The recent progress of astronomy, 3e éd., 1856; p. 244. — *Mailly,* dans **Bruxelles, Ann, 1860, 303. — WfA, VII, 1864, 19.** — [*Winlock*], Historical account of the astronomical observatory of Harvard College from 1855 to 1876, dans **Cambridge, Ann, VIII, 1876,** part. i. — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 34. — Depuis 1859, un Report of the committee of the overseers of Harvard College appointed to visist the Observatory; annuel.

Camden Lodge, près Cranbrook, Kent. Observatoire particulier de *W. R. Dawes,* actif de 1845 à 1862 envion. — **MAS, XVI, 1847, 323.**

Cap de Bonne Espérance. Fondé en 1820; meublé en 1829. — **Cas, III, 1819, 607. — London, MAS, XI, 1840, 63; XIX, 1851, 1; XX, 1851, 1. — AJl, III, 1854, 182.** — *Mailly,* dans **Bruxelles, Mer', XXIII, 1873, 53, 66, 77** — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 61.

Sur l'ancien observatoire de *La Caille* on peut consulter **Paris, H & M, 1751, 407.** Sur la station de Feldhausen, occupée en 1834-1838 par John *Herschel,* voyez l'ouvrage de cet astronome : Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope, 4°, London, 1847; p. j.

Carlsruhe. Transféré de Mannheim, en 1879.

Catharinebourg, Russie. Observatoire fondé dans ces dernières années. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 58.

Chapultepec, Mexique. Observatoire national, fondé en 1876. — Anales del Ministerio de fomento de la República mexicana, 8°, Mexico; vol. III, p. 409.

Chicago. Dearborn University Observatory. Fondé par souscription, en 1862. — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 129.

Christiania. Construit en 1818; rebâti à quelque distance en 1830. — *Hansteen,* Beschreibung und Lage der Universitätssternwarte; 4°, Christiania, 1849. — **Unt, III, 1849, 337.**

Churt, Surrey. Observatoire particulier de *R. C. Carrington,* établi en 1869; fermé en 1875. — **London, MNt, XXX, 1870, 43.**

CINCINNATI. Fondé par société en 1842; terrain donné par *N. Longworth*. Interrompu; renouvelé par société en 1870, à Mount Lookout. Cet observatoire fait usage d'un chronographe. — AJS_2, I, 1846, 297. — ANn, XXIII, 1846, 199. — Unt, III, 1849, 108. — *Loomis*, The recent progress of astronomy, 3e édit., 1856; p. 241. — *Mailly*, dans Bruxelles, Ann, 1860, 284. — *André & Angot*, L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 24. — Depuis 1868 : Annual report of the director of the Cincinnati Observatory.

CLINTON, New York. Lichtfield Observatory au Hamilton College. Fondé par souscription en 1852. Longtemps sous la direction de *C. H. F. Peters*, qui y a découvert quarante-deux petites planètes. — *Loomis*, The recent progress of astronomy, 3e édit., 1856; p. 284. — *André & Angot*, L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 115.

COLUMBIA, Missouri. Laws Observatory, à l'université de l'État de Missouri. D'origine récente. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 12.

CORDOBA. Construit en 1871, sur une éminence, au sud-est de la ville. Bâtiment en croix, avec quatre tours aux extrémités des branches. Sous la direction de *B. A. Gould*. — AJS_3, I, 1871, 155; II, 1871, 77, 156; III, 1872, 230; XV, 1878, 230. — *B. A. Gould*, An account of the Observatory at Cordoba, dans Report of the regents of the Smithsonian Institution, 8°, Washington; année 1873, p. 265. — *Mailly*, dans Bruxelles, Mer', XXIII, 1875, 228. — *André & Angot*, L'astronomie pratique; vol. IV, 1881, p. 16.

CORK. Organisé récemment. — The English mechanic and world of science, 8°, London; vol. XXXI, 1880, p. 512.

CRONSTADT. Observatoire de la marine. Fondé en 1841 à l'École des pilotes. — St. Pétersbourg, Bul_2, I, 1843. — Recueil maritime [en russe]; année 1879, n° 3, division non officielle, p. 1.

DORPAT. Observatoire de l'université, fondé en 1802. Célèbre par les mesures d'étoiles doubles exécutées par *F. Struve*, à l'aide de l'équatorial de *Fraunhofer* monté en 1825. — *F. Struve*, dans Observationes astronomicae institutae in specula universitatis dorpatensis, 4°, Dorpati; vol. I, 1817, p. ij; vol. IV, 1825, p. j. — *F. Struve*, Beschreibung der auf der Sternwarte zu Dorpat befindlichen grossen Refractors von Fraunhofer; fol., Dorpat, 1825. — BaJ, 1825, 228; 1827, 212. — Cas, XII, 1825, 282. — ANn, IV, 1826, 57, 49. — London, MAS, II, 1826, 93.

DRESDEN. Observatoire particulier de *von Engelhardt*, établi tout récemment. — Sir, XIV, 1881, 255.

Dun Echt, près Aberdeen. Observatoire particulier de *Crawford* [*Lindsay*]. Fondé en 1875. On s'y sert d'un chronographe. — ARr, XVI, 1878, 123. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880; p. 64.

Durham. Fondé en 1840, par souscription, comme annexe à l'université. — Bruxelles, Ann, 1864, 391. — *André* & *Rayet*, L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 68.

Dusseldorf. Créé en 1809 par *J. F. Benzenberg;* transporté par lui, à Bilk, à 2 kilomètres au sud de la ville, en 1844. Abandonné libéralement à la municipalité en 1847. Agrandi en 1852. *R. Luther* y a découvert dix-huit petites planètes. — BaJ, 1813, 141. — ANn, XXVII, 1848, 297. — Unt, II, 1848, 253.

Eastbourne, Sussex. Observatoire particulier de *F. Brodie,* fondé vers 1855; actif quelques années. — London, MNt, XVI, 1856, 128.

Elchies, Morayshire. Observatoire particulier de *J. W. Grant,* pourvu, en 1862, d'un réfracteur de 0ᵐ,28 d'ouverture. — London, MNt, XXIII, 1863, 2, 78, 91.

Elsfleth, Oldenbourg. Observatoire de l'École de navigation, établi en 1876. — Bruxelles, Ann, 1881, 206.

Etna. Observatoire construit par l'État en 1877. — Nature, 4°, London, vol. XV, 1877, p. 262; vol. XVIII, 1878, p. 587; vol. XIX, 1879, p. 557. — AJS_3, XVII, 1879, 259. — Spett. ital., Mem, IX, 1880, 216 [avec une vue par la photographie].

Eton. Observatoire du collége, monté en 1870. — Nature, 4°, London; vol. I, 1870, p. 263.

Exeter. Observatoire particulier de *H. S. Ellis,* actif vers 1854. — London, MNt, XIV, 1854, 44.

Francfort-sur-Main. Créé en 1875. — Leipzig, Vjh, XIII, 1878, 133.

Francfort-sur-Oder. Observatoire particulier de *Huth,* actif de 1805 à 1813 environ. — BaJ, 1809, 127.

Georgetown, près Washington. Observatoire de la Société de Jésus; actif vers 1850. Ne sert plus qu'à la démonstration. — London, MNt, X, 1850, 179.

Germantown, près Philadelphie. Observatoire particulier de *C. Wister.* Actif en 1832 et années voisines. — AJS_1, XXXVIII, 1840, 165.

Glascow, Écosse. Commencé en 1818 aux frais d'une société. Organisé sérieusement, en 1840, à l'aide d'une souscription publique, d'un subside de l'université et d'un autre de l'État. En 1862 on y ajoute une salle pour un équatorial. — *A. Gautier,* dans **Bun₁, XXVI, 1824, 243.** — **ARr, I, 1863, 88.** — *Mailly,* dans **Bruxelles, Ann, 1864, 389.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 19.

Glascow, Missouri. Morrison Observatory. Organisé tout récemment. — Science, a weekly record of scientific papers, 8°, New York; vol. II, 1881, p. 254. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 17.

Grantham. Observatoire particulier de *J. W. Jeans,* vers 1855. — **London, MNt, XV, 1855, 181.**

Gustau. Observatoire fondé en 1846; peu de temps actif. — **Unt, III, 1849, 29.**

Halifax. Observatoire particulier de *E. Crossley* à Bermerside; actif depuis 1872. — **ARr, XI, 1873, 280.** — The English mechanic and world of science, 8°, London; vol. XXIII, 1876, p. 50, 171.

Hambourg. Élevé en 1810 par *J. G. Repsold.* Détruit en 1813 par l'armée française. Réédifié en 1823 par un legs de *Grell;* rattaché à l'École de navigation. Un nouvel établissement a été inauguré en 1881. — **MCz, XXII, 1810, 499; XXIV, 1811, 79.** — **BaJ, 1829, 146** [avec plan]. — **Cmp, VI, 1830, 133** [avec plan]. — **Unt, II, 1848, 73, 107.** — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 69.

Hannover, New Hampshire. Dartmouth College Observatory. Fondé en 1853 par la libéralité de *G. Shattuck.* Un chronographe. — *Loomis,* The recent progress of astronomy, 3e éd., 1856; p. 265. — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. III, 1877, p. 116. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 18.

Hartwell. Observatoire particulier de *J. Lee,* actif en 1840 et années suivantes. — **London, MNt, V, 1842, 119; XIV, 1854, 161, 215.** — *W. H. Smyth,* Aedes hartwellianae; 4°, London, 1851 [contenant la description de l'observatoire]. — **ARr, III, 1865, 35.**

Hastings-on-Hudson, près New York. Observatoire particulier de *H. Draper.* Le temps est enregistré par un chronographe. — Report of the Board of regents of the Smithsonian Institution, 8°, Washington; année 1864, p. 62. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 19.

Havane. Observatoire de l'État, fondé en 1808. — Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. VI, 1809, p. 428. — **London, MNt, I, 1830, 189.**

Haverford, Pennsylvanie. Observatoire du collége; de création récente. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 20.

Helsingfors. Observatoire de l'université, fondé en 1829. — *Argelander*, dans ANn, XIV, 1837, 139. — *Perrotin*, Visite à divers observatoires, 1881; p. 52.

Hudson, Ohio. Observatoire du Western Reserve College, fondé en 1834. — Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series, 4°, Philadelphia; vol. VII, 1841, p. 43.

Iéna. Observatoire de l'État, élevé en 1811 dans le jardin où *Schiller* a écrit Wallenstein. — MCz, XXVIII, 1813, 192. — ANn, I, 1823, 1.

Kalocsa, Hongrie. Fondé en 1876, au collége des jésuites. — Sir, XII, 1879, 268.

Kasan. Observatoire de l'université, fondé en 1814. Incendié en 1842; reconstruit immédiatement. — BaJ, 1818, 165. — *Simonoff*, Opisanie astronomitscheskim Observatorie; 4°, Sankt Peterbourg, 1838. — ANn, XXIX, 1849, 73.

Kharkoff. Établi vers 1840 à l'université. — *A. Schagin*, Katalog astronomitscheskich instrumentow kharkoffskago ouniversiteta ; 4°, Kharkoff, 1840.

Kieff. Institué à l'université en 1838. — ANn, XX, 1843, 235.

Kiel. Transféré d'Altona en 1873. — Nature, 4°, London ; vol. XV, 1877, p. 438. — *Perrotin*, Visite à divers observatoires, 1881 ; p. 78.

Kingston, Canada. Établi vers 1865. — London, MNt, XXVIII, 1868, 12.

Königsberg. Construit en 1811, sur le rempart, au nord-ouest de la ville. Deux grandes salles, l'une sud, l'autre nord, et deux ailes formant, d'un côté, la salle méridienne et, de l'autre, le corps de logis. C'est là que *Bessel* fit, de 1821 à 1833, ses célèbres observations des zones. — *Bessel*, dans MCz, XXVIII, 1813, 473. — Königsberg. Beo, I, 1815, j; VI, 1821, iij. — BaJ, 1825, 161. — Cmp, III, 1827, 85 [avec plan]. — ANn, VI, 1828, 261 ; VIII, 1831, 397. — Bessel, Abh, II, 1876, 19, 95.

La Chapelle, près Dieppe. Observatoire particulier de *Nell de Bréauté*, en 1820 et quelques années suivantes. — Cas, VI, 1822, 113.

Lawrence, Kansas. Observatoire de l'université. Existe depuis une dizaine d'années. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 22.

LEMBERG. Observatoire de l'Université; actif un moment au commencement du siècle. — MCz, IV, 1801, 547; VI, 1802, 278.

LEYTON, Essex. Observatoire de *J. G. Barclay,* inauguré en 1862. — Astronomical observations taken at the ... Observatory of Leyton, 4°, London; vol. I, 1865.

LIMA. Décrété en 1866; l'édifice n'est pas encore construit; les instruments attendent. — *André & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1881, p. 44.

LIVERPOOL. Fondé en 1838 par l'administration municipale; transféré en 1867 à Birkenhead, de l'autre côté de la Mersey. Donne l'heure aux navires par un coup de canon. Est pourvu d'une salle pour l'examen des chronomètres, où l'on peut élever la température au moyen d'un chauffage à gaz. L'équatorial a un mouvement d'horlogerie à moteur hydraulique. — Correspondence respecting the Observatory between *J. Taylor* and *R. Sheepshanks;* 4°, London, 1845. — London, MNt, VIII, 1848, 220. — *Mailly,* dans Bruxelles, Ann, 1864, 592. — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 81.

LONDRES, observatoires particuliers : Blackmann street, en 1820 et quelques années suivantes [*J. South*] (Quarterly journal of science, 8°, London; vol. XIII, 1822, p. 209). — Twickenham, en 1839 à 1851 [*Bishop*] (*Bishop*, Astronomical observations; 4°, London, 1852).

LUBECK. Établi en 1822. — *F. Struve,* Expédition chronométrique entre Altona et Poulkova, fol., St. Pétersbourg, 1844; p. 139.

LUCKNOW, Inde anglaise. Observatoire fondé par le roi d'Oude en 1850. — London, MNt, XI, 1851, 90.

LYON. Observatoire universitaire à St. Genis-Laval, fondé en 1876. — *C. André,* dans Mémoires de l'Académie de Lyon, classe des sciences, 2e série, 8°, Lyon; vol. XXIII, 1879, p. 53. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 84.

Il y a eu à Lyon, dans le XVIIIe siècle, un observatoire au collége des jésuites (*J_3. Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. II, 1777, let. v).

MADISON, Wisconsin. Washburn Observatory, fondé en 1879. On y emploie un chronographe. — Science, a weekly record of scientific papers, 8°, New York; vol. II, 1881, p. 73. — Obs, IV, 1881, 95. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 23.

MAKERSTOUN, près Edimbourg. Observatoire particulier de *T. Brisbane.* — London, MAS, XI, 1840, 171.

Markree Castle, près Collooney, Irlande. Observatoire particulier de *E. Cooper.* — **London, MNt, VII, 1847, 181. — ANn, XCII, 1878, 65.**

Marlia, près Lucques. Observatoire ducal, établi en 1818; n'a subsisté qu'un instant. — **Cas, III, 1819, 70, 85, 100, 189, 298.**

Melbourne, Victoria. Observatoire de l'État, décrété en 1853, et placé d'abord à Williamstown. Transféré à Melbourne en 1861. Le grand réflecteur mentionné plus haut, p. 943, a été monté en 1870, sous un abri spécial. — *T. Grubb* & *T. R. Robinson,* dans **London, PTr, 1869, 127.** — Correspondence concerning the great Melbourne telescope; 8°, London, 1871. — **ARr, VIII, 1871, 241** [rapport officiel]. — *Winnecke,* dans **Leipzig, Vjh, VII, 1872, 58.** — *André* & *Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 106. — Nature, 4°, London; vol. XIII, 1876, p. 175. — Annuellement depuis 1860 : Report of the board of visitors, with the report of the government astronomer; 4°, Melbourne.

Meudon, près Paris. Observatoire d'astronomie physique, fondé par l'État, en 1874. — **Paris, Crh, LXXIX, 1874, 1018** [rapport officiel sur sa création]. — Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, 8°, Paris; vol. XXI, 1877, p. 376. — **Spettr. ital., Mem, VI, 1877, 82.** — The English mechanic and world of science, 8°, London; vol. XXIX, 1879, p. 555.

Mexico. Observatoire astronomique central, fondé par l'État en 1877. — **Bruxelles, Ann, 1881, 214.**

Mijako, Japon. Observatoire impérial, servant de premier méridien pour la grande carte du Japon, levée de 1808 à 1826. — **Paris, Crh, XVI, 1843, 592.**

Modène. Observatoire ducal, érigé en 1826. En 1875, il cessa d'être un établissement astronomique. — *Bianchi,* dans **EfM, 1828, 121. — London, MAS, V, 1833, 229.**

Un observatoire privé a aussi été érigé à Modène, en 1862, par *R. Montecuccoli* (**Roma, Att, XVIII, 1865, 41; XIX, 1866, 209 [109]**).

Montsouris, près Paris. Fondé en 1875, comme observatoire d'étude, par le département de la marine. — **Paris, Crh, LXXXI, 1875, 545. — Paris, ABL, 1876, 449.**

Mount Hamilton, Californie. Construit en 1880 à l'aide d'un legs considérable de *J. Lick.* — **AJS_3, XXIII, 1882, 48.** — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 24.

MUNICH. Fondé en 1809 sur la colline de Bogenhausen. Un abri spécial élevé en 1835, dans le jardin, pour le réfracteur. — BaJ, 1816, 253. - ZfA, III, 1817, 118. — Cmp, III, 1827, 88 [avec un plan]. — ANn, XII, 1835, 179, 279; XIII, 1836, 379. — *Lamont*, dans Jahrbuch der Sternwarte bei München, 12°, München; année 1838. — Bun_2, XXVI, 1840, 343. — *Lamont*, dans Observationes astronomicae institutae in Specula monachensi, 10 vol. 4°, Monachii; vol. IX, 1845. — Paris, Crh, XXI, 1845, 257. — *Lamont*, dans München, Abh_2, VI, 1851, 381. — *Perrotin*, Visite à divers observatoires, 1881; p. 14.

MÜNSTER. Fondé en 1852 comme annexe de l'Académie d'enseignement supérieur. — Veröffentlichung der Sternwarte zu Münster; 4°, Munster, 1875.

NASHVILLE. Observatoire particulier de *E. E. Barnard*, établi depuis plusieurs années. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 26.

NEUCHATEL. Observatoire cantonal fondé en 1857. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, 8°, Neuchâtel; vol. V, 1861, p. 60. — WfA, VI, 1863, 304. — *R. Wolf*, Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, 4°, Zürich, 1879; p. 290. — Depuis 1870, le rapport annuel du directeur est inséré dans le Bulletin déjà cité de la Société de Neuchâtel, vol. IX et suiv.

NEW HAVEN, Connecticut. Observatoire du Yale College. Fondé en 1830. Plusieurs instruments ont été acquis par le secours généreux de *S. Clark* et de *W. Hillhouse*. On se sert d'un chronographe. — AJS_1, XXIX, 1836, 155*; XXXIV, 1838, 313. — *Loomis*, The recent progress of astronomy, 3e éd., 1856; p. 206. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 28.

NEWINGTON, Connecticut. Observatoire particulier de *D. W. Edgecomb*, tout moderne. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 29.

NEW WINDSOR, Illinois. Fondé tout récemment. — Science, a weekly record of scientific papers, 8°, New York; vol. II, 1881, p. 328.

NEW YORK. Observatoire particulier de *L. M. Rutherfurd*, fondé depuis une vingtaine d'années. Temps par chronographe. — *Holden*, Reports of observatories; année 1880, p. 31.

NICE. Fondé en 1879 par la libéralité de *R. Bischoffsheim*. — Sir, XIV, 1881, 241 [avec une planche]. — Nature, 4°, London; vol. XXV, 1882, p. 199.

NICOLAÏEFF. Observatoire de la marine, fondé en 1821. — BaJ, 1824, 253; 1827, 214; 1828, 134. — *K. Knorre*, Opisanie Nicolaïeffskoï Observatorie; 4°, Nicolaïeff, 1843.

Northfield, Minnesota. Observatoire de Carleton College, achevé en 1878. Temps inscrit par chronographe. — Report of the board of regents of the Smithsonian Institution, 8°, Washington; année 1879, p. 559. — The science observer, a journal for scientists, 8°, Boston; vol. II, 1879, p. 3. — Science, a weekly record of scientific papers, 8°, New-York; vol. II, 1881, p. 22.

Odessa. Fondé tout récemment. — Geographisches Jahrbuch begründet durch *E. Behm*, 8°, Gotha; vol. VIII, 1881, p. 309.

O'Gyalla, Hongrie. Observatoire particulier de *N. von Konkoly;* fondé en 1871. — **Sir, VII, 1874, 212, 261** [avec une vue de l'observatoire]; **X, 1877, 132; XII, 1879, 271.** — Ertekezések a mathematikai osztály [tudományok] köréből, 8°, Budapest; vol. III, 1874, n° 2.

Olmütz. Observatoire particulier de *von Unkrechtsberg,* fondé en 1850. — **Unt, V, 1851, 406; VII, 1853, 300.**

Orwell Park, près Ipswich. Observatoire particulier, existant vers 1870-1875. — *M. Anderson,* dans Papers of the Royal Institute of British architects, 4°, London; annees 1873-74, p. 15.

Oxford. University Observatory, appelé aussi Savilian Observatory; fondé en 1873. — **London, MNt, XXXIV, 1874, 49; XXXVI, 1876, 1; XXXIX, 1879, 32.** — *André* & *Rayet,* L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 173. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 126.

Oxford, Mississippi. Observatoire de l'université de Mississipi, érigé en 1876. Cet établissement est un de ceux qui possèdent un altazimuth. — **Bruxelles, Ann, 1881, 217.**

Paramatta, Nouvelle Galles du Sud. Observatoire particulier de *M. Brisbane,* établi en 1822. Actif une dizaine d'années. En 1880, on a érigé un obélisque, pour marquer la place qu'il a occupée. — **Edinburgh, Tra, X, 1826, 112.** — *Richardson,* A catalogue of stars chiefly in the southern hemisphere, 4°, London, 1835; pref. — Nature, 4°, London; vol. XXII, 1880, p. 274.

Philadelphie. Observatoire de l'École supérieure, fondé en 1836. — **ANn, XXIV, 1846, 133.**

Rittenhouse avait eu un observatoire particulier, à Philadelphie, à la fin du siècle dernier (Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, 4°, Philadelphia; vol. II, 1786, p. 260; vol. III, 1793, p. 150; vol. IV, 1799, p. 32).

Plonsk, près Varsovie. Observatoire particulier de *Jedrzejewicz;* élevé en 1877. — Nature, 4°, London; vol. XX, 1879, p. 629. — **Sir, XIV, 1881, 169.**

Pola. Observatoire de la marine fondé en 1872. — Repertorium für Experimental-Physik, 8°, München; vol. XIII, 1877, p. 114.

Poonah, Inde anglaise. Observatoire particulier de *W. S. Jacob;* actif de 1842 à 1855. — **London, MNt, VI, 1845, 1.**

Port Louis, Maurice. Observatoire de l'État, élevé en 1831; reconstruit en 1870. — **London, MNt, III, 1836, 187** — Nature, 4°, London; vol. II, 1871, p. 201.

Potsdam. Observatoire astro-physique, construit en 1878 sur une colline dépendant du parc du château. — **Sir, XI, 1878, 255.** — **ARr, XV, 1878, 189.** — **WfA, XXII, 1879, 411.** — Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft, 8°, Breslau; année 1879, p. 440. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 27.

Poughkeepsie, New York. Observatoire du Vassar College, construit en 1878 (?). Temps par chronographe. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 34.

Poulkova. Observatoire impérial central; fondé en 1834. Trois salles principales au rez-de-chaussée : celle de l'est pour le cercle méridien, celle de l'ouest où se trouve la lunette méridienne, et celle du sud affectée à l'instrument des passages dans le premier vertical. Trois coupoles tournantes, dont la plus grande, au centre, renferme le réfracteur de *Merz & Mahler.* C'est en grande partie dans cet observatoire qu'ont été faites les recherches les plus minutieuses sur les coefficients de l'aberration, de la nutation et de la précession. — Recueil des actes des séances publiques de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg, 4°, St. Pétersbourg; année 1838, p. 57 [règlement de l'Observatoire]. — *Schumacher,* dans **ANn, XVIII, 1841, 33.** — *F. Struve,* dans **ANn, XIX, 1842, 307...** [rapport sur la bibliothèque]. — *F. Struve,* Description de l'Observatoire central de Poulkova, 4° et atlas, St. Pétersbourg, 1845; servant d'introduction aux Annales de l'Observatoire. — *J. B. Biot,* **JdS_3, 1847**; reproduit dans ses Mélanges scientifiques et littéraires, 3 vol. 8°, Paris; t. II, 1858, p, 293. — *Airy,* dans **ANn, XXVI, 1848, 353.** — *F. Struve,* dans Recueil de mémoires présentés à l'Académie par les astronomes de Poulkova, 2 vol. 4°, St. Pétersbourg; vol. I, 1853, p. j. — *F. Kaiser,* De inrigting der sterrewachten, beschreven naar de sterrewacht op den heuvel Pulkowa en het ontwerp eener sterrewacht voor de Hoogeschool te Leiden; 8°, Leiden, 1854. — *O. Struve,* Uebersicht der Thätigkeit der Nicolai-Hauptsternwarte während der ersten fünf-und-zwanzig Jahre ihres Bestehens; 4°, St. Petersburg, 1865. — *W. Fabritius,* dans St. Petersburg Kalender, 8°; année 1874. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 39. — Il y a en outre, depuis 1865, un rapport annuel du directeur, sous le titre : Jahresbericht dem Comité der Nicolai-Hauptsternwarte abgestattet vom Director der Sternwarte; 8°, St. Petersburg. — Les directeurs ont été : 1834, *F. G. W. Struve;* 1864, *O. von Struve.*

Princeton, New Jersey. Observatoire of la « John C. Green school of science, » érigé vers 1850. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 35.

En 1870 on a bâti en outre le Halsted Observatory, qui reçoit présentement ses instruments (ibid., p. 35).

Providence, Rhode Island. Seagrave Observatory. Organisé récemment. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 37.

Quebec. Construit sur le Bonners' hill en 1863. — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 125.

Quito. Observatoire de l'État, fondé en 1874. — **WfA, XVI, 1873, 409.** — Repertorium für Experimental-Physik, 8°, München; vol. XI, 1875, p. 89.

Red Hill, près Reigate, Surrey. Observatoire particulier de *R. C. Carrington,* actif de 1853 à 1870 environ. — **London, MNt, XIV, 1854, 13.**

Riga. Il y a eu dans cette ville, à partir des premières années du siècle, des observatoires particuliers, d'abord par *Sandt,* puis par *Keussler* (**BaJ, 1809, 275; 1822, 254**). En 1817, le gouvernement établit un observatoire permanent. — **ANn, I, 1823, 69.**

Rochester, New York. Warner Observatory, construit en 1874 (?). — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 38.

Rome. Observatoire du Capitole. Établi en 1824 sur la tour orientale du Capitole, qui s'élève au-dessus de l'ancien Forum. — Giornale arcadico di scienze, 8°, Roma; vol. LXXXVII, 1841, p. 96. — *E. Fabri-Scarpellini,* Raggualio storico del pontificio osservatorio astronomico di Roma setto sul Campidoglio; 8°, Roma, 1846. — *I. Calandrelli,* dans **Roma, Att, VII, 1854, 267.** — *Mailly,* dans **Bruxelles, Ann, 1859, 289.** — *Respighi,* dans **Roma, Att, XXI, 1868, 293; XXIV, 1871, 376.** — *André, Rayet & Angot,* L'astronomie pratique; vol. V, 1878, p. 144.

Rugby. Observatoire de l'École, fondé en 1872. — Reports of the Rugby School Natural history Society, 8°, Rugby; vol. V, 1871, p. 1. — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 150. — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 140.

Sainte Hélène. Établi en 1829 par la Compagnie des Indes Orientales; supprimé en 1838. — **London, MAS, VI, 1833, 216.** — *M. J. Johnson,* A catalogue of austral stars observed at St. Helena, 4°, London, 1838; introd.

C'est à Ste Hélène que *Halley* a observé en 1677.

Saint Gall. Observatoire particulier de *von Scherer,* actif de 1818 à 1830 environ. — **Bun$_1$, XII, 1819, 3.** — *R. Wolf,* Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, 4°, Zürich, 1879; p. 219.

Saint Louis. Observatoire de Washington University; fondé en 1877. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 40.

Saint Thomas, Antilles. Établi en 1825 à Fridrichsberg; abandonné en 1826. Un nouvel établissement est fondé en 1833 dans la vieille tour des flibustiers. Abandonné ensuite. — **ANn, XIII, 1836, 275.**

San Francisco. Observatoire particulier de *G. Davidson,* établi en 1878. — Science, a weekly record of scientific papers, 8°, New York; vol. II, 1881, p. 107.

Santiago, Chili. Fondé en 1852; rez-de-chaussée, avec coupole au centre. — **ANn, XXXVIII, 1854, 211.** — *Mailly,* dans **Bruxelles, Mcr', XXIII, 1873, 179.** — *André* & *Angot,* L'astronomie pratique; vol. IV, 1881, p. 3.

Senftenberg, Bohême. Observatoire particulier de *von Senftenberg;* existe un moment vers 1845-1850. — **ANn, XXIII, 1846, 129.** — **Unt, I, 1847, 17.**

Sherrington, Bray. Observatoire particulier de *W. Erck,* créé tout récemment. — **Obs, I, 1878, 135.**

Southampton. Observatoire particulier de *Drew,* actif un moment vers 1850. — **London, MNt, XII, 1852, 35.**

South Bethlehem, Pennsylvanie. Sayre Observatory, attaché à la Lehigh University. Fondé en 1877. — **ANn, XCIV, 1879, 171; XCVII, 1880, 241.** — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 40.

South Hadley, Massachusetts. Fondé en 1878, au séminaire de Mount Holyoke, par la libéralité de *A. L. Williston.* — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 41.

Spire. Fondé vers 1825; abandonné vers 1850. — **ANn, VI, 1828, 57.** — **Unt, III, 1849, 319, 326.**

Starfield, près Liverpool. Observatoire particulier de *Lassell,* actif de 1840 à 1875 environ. — **London, MAS, XII, 1842, 265.** — **Paris, Crh, XXV, 1847, 973.**

Stone Vicarage, près Aylesbury. Observatoire particulier de *J. B. Reade,* actif vers le milieu du siècle présent. — **London, MNt, XIV, 1854, 196.**

Stonyhurst, près Whalley. Au collége de la Société de Jésus. Élevé en 1838 dans le parc du collége. — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. I, 1874, p. 147.

Strasbourg. En 1804, *J. Henry* avait installé des instruments astronomiques dans le Münster (cathédrale). En 1836, la ville organisa un petit observatoire, qui fut bientôt abandonné. En 1873, on construisit, hors de l'agglomération, un observatoire rattaché à l'université. Les bâtiments ont la forme générale d'une équerre. — **Paris, Crh, III, 1836, 520; XXV, 1847, 552.** — **Sir, X, 1877, 253.** — *Perrotin,* Visite à divers observatoires, 1881; p. 1.

Il y avait eu un germe d'observatoire, en 1770, au-dessus de la porte de l'hôpital (**J_3. Bernoulli, RpA, II, 1774, 362**).

Sydney. Fondé en 1855; pourvu d'abord des instruments de l'ancien Observatoire de Paramatta. — **London, MNt, XIX, 1859, 292** [rapport officiel]. — *Mailly,* dans **Bruxelles, Mcr', XXIII, 1873, 203.** — *André & Rayet,* L'astronomie pratique; vol. II, 1874, p. 99.

Tachkent. Créé en 1880. — **ANn, C, 1881, 269.**

Tarn Bank, près Cockermouth. Observatoire particulier de *I. Fletcher.* Actif pendant une vingtaine d'années à partir de 1850. — **London, MNt, X, 1850, 137.**

Toulon. La marine a eu un instant un observatoire, dans le premier quart de ce siècle. — **Cas, I, 1818, 427.**

Toulouse. Déjà *Darquier* avait des instruments astronomiques en 1748. Un observatoire permanent fut établi au Lycée en 1775. Un nouvel établissement a été construit en 1840 à l'extrémité de la ville. — *J_3. Bernoulli,* Lettres sur différents sujets; vol. IV, 1778, p. 39. — *Lalande,* Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803; p. 742, 767, 829, 843, 879. — **CdT, 1804, 462.** — **Arago, OEu, XII, 1859, 560.** — *Tisserand,* dans **Paris, ABL, 1881, 736.**

Trevandrum, Inde anglaise. Fondé en 1837 par le rajah de Travancore. — **ANn, XXI, 1844, 239.**

Trieste. Observatoire de la Marine, fondé en 1857. — **Bruxelles, Ann, 1881, 223.**

Troy, New York. Observatoire Williams Proudfit. De création récente. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 42.

Tübingen. Observatoire de l'université, organisé en 1851. — **Unt, VII, 1853, 366.**

Il y a déjà eu, au milieu du siècle dernier, un observatoire, sur lequel *Clemm* a publié : L'Observatoire de Tubingue mis en parallèle avec celui de Berlin; 8°, Tubingue, 1753. Voyez en outre **BaJ, 1782, 157; 1791, 253.**

TULSE HILL (UPPER). Observatoire particulier de *W. Huggins,* actif depuis un quart de siècle. — **London, MNt, XVI, 1856, 175.**

UTICA, New York. En 1856, on a fondé un observatoire, qui n'a pas eu de durée. — *O. M. Mitchel,* An address delivered at the dedication of the astronomical Observatory of Hamilton College, Utica; 8°, Utica, 1856.

VARSOVIE. En 1764, *Rostan* observait au Château. En 1765-1768, *N. Wolf* observait au Palais Bleu ou de Mniczek. Ce fut seulement en 1820 que l'Observatoire fut fondé. Les dépenses d'établissement furent supportées par le président *Staszie* de l'université. — **BaJ, 1780, 175; 1828, 207.** — *Arminski,* dans **Cmp, VII, 1832, 76** [avec plan]. — **CdT, 1843, 30.**

VENISE. Observatoire de l'Institut de Marine marchande, établi vers 1840. — **Bruxelles, Ann, 1881, 223.**

VIENNE. Observatoire de l'École supérieure technique, fondé en 1865, à l'extrémité sud-ouest de la ville. — **Bruxelles, Ann, 1881, 224.**

Il y a aussi à Vienne, quartier de Josephstadt, l'observatoire particulier de *T. von Oppolzer,* actif depuis une douzaine d'années. — **Wien, Stz, LXI, 1870, 655.**

WASHINGTON. Naval Observatory du gouvernement des États-Unis. Créé en 1833. Transféré en 1843 dans University square. Reçoit en 1872 le grand équatorial d'*A. Clark.* Temps inscrit par chronographe. — *Gilliss,* A report of the plan and construction of the depot of charts and instruments; 4°, Washington, 1845. — **Washington, Obs$_1$, I, 1845, app.** — **AJS$_2$, I, 1846, 295.** — *M. F. Maury,* dans American Almanac, 8°, Washington; année 1848; en allemand dans **Unt, IV, 1850, 49, 57.** — *Loomis,* The recent progress of astronomy, 3e éd., 1856; p. 223. — *Mailly,* dans **Bruxelles, Ann, 1860, 289.** — *J. E. Nourse,* Memoir on the founding and progress of the United States Naval Observatory, dans **Washington, Obs$_2$, 1871.**

WEST POINT, New York. Observatoire de l'Académie militaire. Fondé en 1842. — Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series; vol. IX, 1846, p. 191.

WILHELMSHAVEN. Observatoire de la Marine, fondé en 1875. — **WfA, XXI, 1878, 114.** — **Leipzig, Vjh, XIV, 1880, 173.**

WILLETS POINT, New York. Field Observatory, à l'École d'application de l'arme du génie. Un chronographe. — *Holden,* Reports of observatories, année 1880, p. 47.

YPSILANTI, Michigan. A l'École normale de l'État. De fondation récente. — *Holden,* Reports of observatories; année 1880, p. 49.

§ 363. CONDITIONS D'INSTALLATION.

On élevait autrefois les observatoires au sommet des édifices, afin de mieux dominer l'horizon; mais c'était aux dépens de la stabilité.

Différentes influences agissent sur les structures les plus massives. Déjà au milieu du siècle dernier, *Bouguer,* ayant suspendu une lunette à une chaîne de 60ᵐ,9, sous le dôme des Invalides à Paris, vit le pointé changer légèrement par un coup de soleil brusque sur l'édifice (Paris, H & M, 1754, 172).

Les mouvements qui se produisent dans les constructions ont été signalés, au commencement de ce siècle, par

3342 **Cesaris, A. di.** Sul movimento oscillatorio e periodico delle fabriche. **EfM, 1813, 105; 1816, 13.**

L'effet des dilatations du terrain par la chaleur a été mis en évidence dans les mémoires suivants :

3343. **Moesta, C.** Observations of an important phenomenon observed with regard to the hill of Santa Lucia, situated in the city of Santiago de Chile. **London, MNt, XV, 1855, 61.**

3344. **Smyth, C. P.** On the properties of rock as a foundation for the piers of meridian instruments, with an account of the detection of a hitherto unsuspected cause of error in the Edinburgh transit. **London, MNt, VII, 1847, 295.** — Reproduit : **SMr, II, 1848, 15.**

Nous avons parlé précédemment, au § 203, p. 510, des variations observées dans l'inclinaison de l'axe et dans l'azimuth des instruments méridiens.

Indépendamment de ces variations lentes, les édifices sont sujets aux trépidations engendrées par le roulage des véhicules. De premières recherches ont été faites à cet égard par :

3345. **Robinson, T. R.** On the effects produced by the vicinity of the railroad on the Observatory at Armagh. Proceedings of the Irish Academy, 8°, Dublin; vol. V, 1853, p. 287.

Dans les expériences exécutées près de Washington, par *H. M. Paul,* en vue de la construction d'un nouvel observatoire, on a examiné l'effet du passage des trains de chemin de fer sur un bain de mercure. A 465ᵐ, ce bain se couvre d'ondes en échiquier; à 1345ᵐ, il ne présente plus qu'un léger bouillonnement; à 1500ᵐ, une simple radiation (Smithsonian contributions to knowledge, 4°, Washington; vol. XXI, 1881, part. III, p. 121).

Dans ces derniers temps, l'attention a été appelée sur les avantages des grandes altitudes, au point de vue de la transparence de l'atmosphère. On peut voir à ce sujet des articles de *C. W. Pritchett* (**Obs**, **II**, **1879**, **309**) et de *H. C. Russell* (**Obs**, **II**, **1879**, **370**).

On trouvera également une appréciation des stations élevées dans les remarques de *Langley* sur l'observatoire de l'Etna (**AJS_3**, **XX**, **1880**, **33**), et dans une note sur le choix du Mont Hamilton en Californie (**AJS_3**, **XX**, **1880**, **338**).

On ne verra peut-être pas sans intérêt que, dans le siècle dernier, on s'est parfois préoccupé des avantages que certains climats pouvaient présenter pour l'astronomie :

3346. **Horrebow, J** De regionibus terrae quae observationibus instituendis maxime sunt accommodatae; 4°, Hafniae, 1748.

CHAPITRE XXIX.

OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES.

Nous diviserons ici les observations astronomiques en trois classes, savoir :

Les observations des phénomènes, tels que les conjonctions et les oppositions des planètes, les équinoxes et les solstices, les éclipses de toute espèce, les passages des planètes inférieures devant le Soleil;

Les observations physiques ou de l'aspect des astres, dans lesquelles nous rangeons celles des taches du Soleil et de la Lune, des particularités du disque des planètes, de la lumière des étoiles variables;

Enfin les observations de mesure, comprenant les déterminations directes des positions apparentes des astres, et par conséquent toutes les observations au méridien.

D'après cette division, nous considérerons tour à tour les observations qui se rapportent 1) aux phénomènes célestes, 2) à l'aspect des astres, et 3) à leurs positions.

§ 364. OBSERVATIONS DES PHÉNOMÈNES.

L'astronomie a commencé par l'observation des phénomènes. Ceux-ci fixaient l'attention non-seulement des astronomes de profession, mais aussi des historiens et des chroniqueurs. Ils composent presque tout le mémorandum de l'astronomie ancienne et de l'astronomie du moyen âge. Nous avons du reste indiqué ce qui, dans les anciennes observations, se rattachait aux positions proprement dites, lorsque nous avons parlé des mouvements des différentes planètes, ainsi que des catalogues d'étoiles. De plus, nous avons traité séparément (chap. XXII, § 291 et chap. XXIII, § 302) des observations anciennes de comètes et d'étoiles filantes. Nous pourrons donc laisser présentement en dehors de notre examen ces deux espèces de phénomènes. Les conjonctions des planètes, les équinoxes et solstices, et surtout les éclipses, formeront alors les objets principaux, qui nous restent à considérer parmi les observations de la première classe.

A quelle antiquité remonte l'observation des phénomènes, dans le sens où nous les comprenons ici? Il serait impossible de rien affirmer à cet égard. Si, comme le

rapporte *Diogène Laërce,* la série d'éclipses observée par les Égyptiens se composait, vers l'an — 200, de 373 éclipses de Soleil et de 832 éclipses de Lune, l'observation de ces éclipses avait dû commencer vers l'an — 2 800 ou peu après.

Les célèbres observations des Chaldéens, à Babylone, envoyées à *Aristote* par *Alexandre* (*Plinius,* Historia naturalis [L], lib. VII, cap. 56), remonteraient, d'après les données de *Simplicius* (Commentarii in Aristotelis de coelo et mundo [G]; lib. II, cap. 12), à l'an — 2 226. Les tablettes cunéiformes des observations de *Bel,* trouvées dans les ruines de Ninive, nous ramènent au moins au XVIIe siècle avant notre ère; elles traitent du Soleil, de la Lune, des planètes et de la polaire α Draconis (*Flammarion,* Les terres du ciel, 8°, Paris, 1875; 2e édit., 1877, p. 392).

Les écrivains chinois rapportent que les cinq planètes et la Lune se sont trouvées en conjonction l'an — 2 448 (*J. D. Cassini,* Reflexions sur la chronologie chinoise, dans **Paris, His, VIII, 1730, 300.** — Voir aussi *Souciet,* Observations mathématiques ... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; vol. II, 1732, p. 33, 49).

Partout, dès que les peuples acquièrent les moyens de tenir note des événements, ils mentionnent, dans leurs annales, les phénomènes célestes les plus frappants. On a trouvé que les Aztèques conservaient le souvenir des éclipses. Le manuscrit Le Tellier de la Bibliothèque nationale de Paris rapporte quatre de ces phénomènes, antérieurs à l'arrivée des Espagnols; le plus ancien est de 1476, un demi-siècle environ avant l'expédition de *Cortéz* (*A. de Humboldt,* Vues des Cordillères, 2 vol. 8°, Paris; vol. II, 1814, p. 299).

Toutefois l'enregistrement régulier et ininterrompu des phénomènes du ciel exige un développement social plus avancé. Malgré la haute antiquité de certaines observations chinoises, c'est seulement de — 612, suivant *Ma-tuan-lin,* cité par *Gaubil* (*Souciet,* op. cit., t. II), que date, dans cet empire, la série régulière des observations.

En Égypte, les faces orientées des pyramides servaient très-anciennement à l'observation des équinoxes, par l'azimuth du lever et du coucher du Soleil (*J. B. Biot,* dans **JdS_3, 1855, 259**). Mais entre ces observations rudimentaires et celles d'un caractère vraiment scientifique, il s'est écoulé des siècles. La première observation qui nous ait été conservée, de celles faites à l'Observatoire du Muséum, à Alexandrie, est une observation d'*Aristille* et de *Timocharès,* de — 294 (**Ptolemaeus, MCo, lib. VII, cap. 3**).

Les observations des phénomènes, transmises par nos devanciers, forment plusieurs séries partielles, qui sont le contingent de civilisations successives.

Il y a d'abord les observations de la Chine. On les trouve dans la grande histoire de l'empire chinois de *Mailla,* dans le Traité de l'astronomie chinoise de *Gaubil* (§ 49, n° 288) et dans les deux mémoires posthumes de ce savant sinologue, insérés, d'après ses manuscrits, dans les volumes de la Connaissance des temps pour 1809 et 1810 (voir précédemment § 49, n°s 290 et 291).

La partie la plus intéressante des archives chinoises est celle relative aux éclipses. Les observations de ces phénomènes composent plusieurs catalogues.

Ce sont d'abord 460 éclipses de Soleil, extraites par *Mailla* des Annales de la Chine, de — 2159 à + 1699, mises en tableau par *Delambre* (Histoire de l'astronomie ancienne, 2 vol. 4°, Paris; t. I, 1817, p. 355). Dans une partie de cet intervalle, ou plus exactement de — 709 à + 1367, se placent 656 éclipses de Soleil, recueillies par *Gaubil* dans les historiens de la Chine (*Souciet,* Observations mathématiques ... tirées des anciens livres chinois, 3 vol. 4°, Paris; t. III, 1732), et faisant parfois double emploi avec les précédentes. Elles sont également présentées sous forme de table par *Delambre* (op. cit., p. 386). Il faut y joindre 32 éclipses de Lune, entre les années — 436 et + 1627, fournies également par *Gaubil* (loc. cit.), et mises en tableau à la suite (*Delambre,* op. cit., p. 389).

Ces observations d'éclipses sont loin d'avoir été toutes confrontées avec le calcul. Six des plus anciennes, tirées du Chou-king, et placées entre — 2136 et — 2005, ont été calculées par *von Oppolzer,* qui a également examiné les éclipses chinoises observées en — 708 et en — 600. Cet astronome a calculé, en outre, dans le même travail, l'éclipse du Mahabharata de — 1409, et celle de Ninive de — 762 mentionnée dans l'Eponymen Canon (**Berlin, Mbr, 1880, 166**).

Une liste d'éclipses anciennes calculées par *Hind* est conservée en manuscrit à l'Observatoire de Greenwich. La date la plus reculée qui figure sur cette liste est celle de — 885 (Nature, 4°, London; vol. XV, 1877, p. 116).

La seconde série des observations de phénomènes est celle que nous fournit l'antiquité classique. Indépendamment des écrits des astronomes, les auteurs grecs et latins ont été fouillés par les érudits, pour en extraire tout ce qui avait trait à des phénomènes célestes. L'almageste de *Ptolémée* n'en reste pas moins la source principale pour cette période (voir § 55, nos 450-452).

C'est là que se trouve rapportée une série d'éclipses, observées en Chaldée, commençant à l'éclipse de Lune de — 720 (**Ptolemaeus, MCo, lib. IV, cap. 6**). Les éclipses de Soleil de la période classique remontent plus haut encore. La liste commence par celle, plus ou moins légendaire, de — 771, dite de *Romulus* (*Plutarchus,* De vita Romuli [G], cap. 18).

Le relevé de ces éclipses, avec l'indication des sources, a été fait plusieurs fois. On en trouve les éléments dans les ouvrages de chronologie de *G. Mercator, J. J. Scaliger, Calvisius, Herwart von Hohenburg* et *Petau,* mentionnés au § 230, nos 2447-2451.

Pour l'usage des astronomes, la première table des éclipses historiques a été dressée par *Képler* (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. VIII, n° 2, p. 290. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 312**). Mais elle n'en contenait encore qu'un petit nombre. Ce travail fut repris, avec plus d'extension, par *Lansberg,* dans son ouvrage :

3347. **Lansberg[ius], P.** Observationum astronomicarum thesaurus, 4°, Middelburgi, 1632. — 2e édit., 1651. — Reproduit dans ses Opera, fol., Middelburgi, 1663.

Traduction.

Les tables perpétuelles et le thrésor d'observations astronomiques de tous temps (par *D. Goubard*); fol., Leyde, 1633. — Autre titre : Middelbourg, 1634.

Cet ouvrage a paru à la suite des Tabulae motuum coelestium du même auteur (§ 155, n° 1967). Il renferme un aperçu général des observations hors du méridien, depuis les temps anciens.

Un aperçu semblable se trouve aussi dans l'Astronomia britannica de *Wing* (voir § 63, n° 688). L'auteur y donne, p. 265, à la suite des anciennes observations de *Ptolémée,* un synopsis des observations faites dans le XVIe siècle et une grande partie du XVIIe. On y voit notamment les observations des éclipses et des passages de Mercure faites par *Gullielmus Hassiae, T. Brahé, Longomontanus, Gassendi.*

Des tables analogues, de plus en plus complètes, ont été formées ensuite par *Struijck,* dans son Allgemeine Geographie, 2 vol. 4°, Amsterdam, 1740-1753; et par *Ferguson,* dans son Astronomy explained upon sir I. Newton's principles; 8°, London, 1756.

Lambert a présenté le résultat de ces recherches en forme de tableau, sous le titre : Verzeichniss der in den Geschichtsbüchern angemerkten Sonn- und Mondfinsternisse (*Berliner Akademie,* Sammlung astronomischer Tafeln, 3 vol. 8°, Berlin; vol. II, 1776, p. 121). Mais on trouve seulement, dans les colonnes de ce tableau, les dates, les heures et les localités, sans détails des circonstances et sans indication des autorités. La mention des sources se trouve, au contraire, dans le catalogue dressé par *Riccioli* (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 362**).

La vérification des principales éclipses de l'antiquité classique a fait l'objet de deux mémoires de *Zech :*

3348. **Zech, J.** Astronomische Untersuchungen über die Mondfinsternisse des Almagest. Preisschriften gekrönt und herausgegeben von der Jablonowski'schen Gesellschaft zu Leipzig, 8°, Leipzig; année 1851, n° 3.

3349. **Zech, J.** Astronomische Untersuchungen über die wichtigeren Finsternisse, welche von den Schriftstellern des classischen Alterthums erwähnt worden. Preisschriften gekrönt und herausgegeben von der Jablonowski'schen Gesellschaft zu Leipzig, 8°, Leipzig; année 1853, n° 4.

Un certain nombre de ces éclipses ont été comparées aux tables de *Hansen* par

3350. **Hartwig, E. W.** Berechnung einiger alter Finsternisse mit Hülfe der Hansen'schen Sonnen- und Mondtafeln. **ANn, LI, 1859, 33.**

Pour la période arabe, il y a quelques observations disséminées dans les ouvrages d'*Albategnius* (voir § 58, n° 548) et d'*Aboul Hhassan* (voir § 58, n° 560). Mais la véritable source, qui était demeurée inconnue à *Riccioli* et à ses contemporains, c'est Le grand livre de la table hakémite d'*Ibn Iounis*, dont on doit la connaissance à *Caussin* (voir § 58, n° 549). On y trouve, parmi d'autres observations de phénomènes, trente éclipses de Soleil et de Lune (p. 84-178 de l'ouvrage cité), dans la période de 829 à 1004.

La série suivante est celle des observations de la Renaissance. Ce que l'on a pu tirer des chroniques se réduit à peu de choses, et ne peut reconstituer qu'à grande peine les véritables phénomènes. L'éclipse de 1030, calculée par *Hansteen*, est célèbre en Scandinavie, parce qu'elle est arrivée pendant la bataille de Stiklastad (**ANn, Erg, 1849, 41**). Les éclipses de 1239 et de 1241 ont été totales dans l'Europe centrale; *Celoria* a déterminé la trace de l'ombre, à ces deux époques, d'après les chroniques du temps (**Milano, Mem$_3$, IV, 1877, 275, 363.** — Aussi : **Milano, Pub, X, 1875**).

Mais pour arriver à de véritables observations astronomiques, il faut attendre l'époque de *Purbach* et de *Regiomontanus*. A partir de ce moment jusqu'à la création des grands observatoires et l'institution des observations méridiennes, on possède une suite, à peu près ininterrompue de constatations positives, de plus en plus précises.

La première source de cette époque, dans l'ordre chronologique, est un appendice au livre de

3351. **Regiomontanus, J.** Scripta de torqueto, astrolabio, regula, baculo et observationibus cometarum; 4°, Norimbergae, 1544.

A la suite de cet ouvrage sont deux appendices. Le premier contient la collection, rassemblée par *Schoner*, des observations de *Purbach*, de *Regiomontanus* et de *Walther*, s'étendant de 1457 à 1504, sous le titre : Observationes motuum Solis ac stellarum. Le second appendice ne renferme pas d'observations; c'est le Libellus de quadrato geometrico de *Purbach*.

On a ensuite, toujours dans l'ordre chronologique :

3352 **Snellius, W.** Coeli et siderum in eo errantium observationes hassiacae, principis Wilhelmi Hassiae lantgravii auspiciis quondam institutae; 4°, Lugduni Batavorum, 1618.

Cette série embrasse l'intervalle de 1561 à 1593.

A la fin du volume se trouve une seconde partie, avec une pagination séparée, portant pour titre : Johannes de Monte-Regio, Georgii Puerbachii, Bernardi Waltheri ac aliorum, eclipsium, cometarum, planetarum ac fixarum observationes. Ce sont les observations réunies déjà par *Schoner* (voir le n° précédent).

Les instants des observations sont donnés par les hauteurs d'astres. On a indiqué précédemment (p. 973) que les observations dites de Hesse ou de Cassel étaient faites par *C. Rothmann*, assisté par *Bürgi*. Leurs observations originales sont conservées à la Bibliothèque de Cassel, ainsi que les ouvrages d'astronomie, restés inédits de *Gullielmus Hassiae* [*Guillaume de Hesse*]. Parmi ces observations se trouvent les éléments d'un catalogue d'étoiles (Unt, VII, 1853, 357).

On passe ensuite à l'époque de *T. Brahé*. Les observations de cet astronome ont été extraites de ses ouvrages et de ses manuscrits, et rassemblées par

3353. Barrettus, L. Sylloge ferdinandea, sive collectanea historiae coelestis e commentariis manuscriptis observationum T. Brahe ; fol., Viennae, 1657.

Cette publication peut être considérée comme une première édition de la suivante, qui est beaucoup plus connue :

3354. [Barrettus, L.] Historia coelestis, complectens observationes astronomicas varias ad historiam coelestem spectantes ; 2 vol., fol., Augustae Vindelicorum, 1666. — Nouveau titre: Ratisbonae, 1672. — Nouvelle édition : fol., Dilingae, 1675.

Cet ouvrage contient :

1) Les observations de Babylone, de Grèce et d'Alexandrie, suivies de celles de *Purbach*, de *Regiomontanus* et de *Walther*, revues par *Maestlin*.

2) Les observations de Cassel, d'après les manuscrits (voir le n° précédent).

3) Les observations de *T. Brahé* à Uranibourg, de 1582 à 1601 ; c'est la partie importante du livre. Le vol. I finit avec les observations de 1592, et le vol. II commence avec celles de 1593.

4) Les observations de *Maestlin* à Tubingue, fournies d'après les manuscrits par *Schickard*.

5) Un petit nombre d'observations diverses inédites.

Il faut voir les corrections indiquées par

3355. Bartholin[us], E. Specimen recognitionis nuper editarum observationum astronomicarum nobilis viri Tychonis-Brahei, in quo recensentur insignes maxime errores in editione Augustanâ Historiae coelestis anni 1582, ex collatione cum autographo ; 4°, Hafniae, 1682.

On trouve un siècle d'observations des phénomènes dans

5556. **Linemann[us], A.** Memoria secularis, sive collectio observationum astronomicarum, maxime eclipsium; 4°, Regiomonti, 1644.

Dans la dernière partie de cet intervalle se placent les observations de *Gassendi,* faites pour la plupart à Digne, à Aix ou à Marseille. Elles sont contenues dans ses Commentarii de rebus coelestibus, publiés au tome IV de ses Opera, et s'étendent de 1618 à 1645. *Gassendi* ne se sert pas encore d'horloge; il donne le temps par des hauteurs d'astres, prises souvent simultanément par une autre personne. Il y a des éclipses, des occultations, des configurations des planètes, des observations des taches du Soleil, beaucoup de détails sur l'aspect physique des planètes, avec de très-curieux dessins de Saturne, enfin des observations de comètes. — Voyez **Gassendus, Opa, IV, 1658, 75-497; IV, 1727, 79-536.**

Les observations de *Boulliau* ont paru dans **Bullialdus, Aph, 1645, lib** III, **cap. 3-12; lib.** IV, **cap. 5-7**. Elles sont en petit nombre, et datent de 1623 à 1641. Le temps n'est pas pris sur une horloge, mais déterminé au moment même par une hauteur d'astre. *Boulliau* est le premier qui ait observé les occultations au télescope (*Newcomb,* Researches on the motion of the Moon, 4°, Washington; part. I, 1878, p. 75).

Les observations d'*Hevelius* embrassent de 1639 à 1683. Le temps y est donné par l'horloge à volant, réglée à l'aide de hauteurs d'astres; mais le télescope n'est pas appliqué aux instruments divisés. Ces observations se trouvent contenues dans :

5557. **Hevelius, J.** Machinae coelestis pars posterior; fol., Gedani, 1679 (Voir § 63, n° 693.)

5558. **Hevelius, J.** Annus climactericus; fol., Gedani, 1681. (Voir § 63, n° 694.)

Les observations d'éclipses d'*Hevelius,* faites à l'aide de l'horloge mécanique, sont exactes à 20^s ou 24^s (*Newcomb,* Researches on the motion of the Moon; 4°, Washington; part. I, 1878, p. 23).

Une suite d'observations des plus précieuses, dont une petite partie seulement a paru dans les recueils académiques, fut réunie, de 1680 à 1720, à l'Observatoire de Paris, où les minutes existent encore. Le temps était pris par les hauteurs correspondantes, et conservé par les horloges à pendule, avec une incertitude que *Newcomb* (Researches on the motion of the Moon, 4°, Washington; part. I, 1878, p. 24) estime au plus à 2 secondes.

Les observations originales de Paris sont inscrites dans une série de cahiers petit in-4°, allant de 1683 à 1795 (*Newcomb,* op. cit., p. 120). Il y a, en outre, deux copies partielles, qui semblent avoir été préparées, avec rédaction, par *J. D. Cassini de Thury.* L'une, en deux registres, contient les années 1671-1675, et 1783-1795;

l'autre, en un volume, est relative aux années 1672, 1673, 1680-84, 1700-03, 1760-67 (ibid., p. 118).

La majorité de ces observations est inédite. Une petite partie est disséminée dans divers volumes de **Paris, H & M.**

Une autre est imprimée dans :

3359. **Le Monnier, P. C.** Histoire céleste; 4°, Paris, 1741.

Le discours préliminaire, mis en tête de cet ouvrage, est fort intéressant pour l'histoire de l'astronomie en France dans la dernière partie du XVII[e] siècle. Le volume contient ensuite les observations de *Picard*, de 1666 à 1682, et celles de *Lahire*, de 1678 à 1686.

De Paris, nous passons maintenant en Angleterre, où nous avons à mentionner le recueil important :

3360. **Flamsteed[ius], J.** Historia coelestis britannica; 3 vol., Londini, 1725.

L'ouvrage commence par les observations de *Gascoigne* à Middleton, près Leeds, de 1638 à 1643. Celles de *Flamsteed* à Derby, de 1668 à 1674 viennent à la suite; puis celles du même astronome à Londres, en 1675. Alors commencent, même année, les observations de *Flamsteed* à Greenwich. Ce sont d'abord des observations au sextant, de 1676 à 1689. Il y a aussi, de la même époque des observations des satellites de Jupiter et des taches du Soleil.

Le vol. II contient les observations de hauteurs au quadrant mural, de 1689 à 1720, et se termine par la réduction des observations des planètes.

Le vol. III est consacré à la discussion des principaux éléments numériques des mouvements célestes, et au catalogue d'étoiles.

Dans toutes les observations de *Flamsteed,* l'erreur de la pendule est déterminée par de simples hauteurs du Soleil ou des étoiles.

On doit citer aussi les observations beaucoup moins célèbres d'Altorf, près Nuremberg :

3361. **Muller, J. H.** Observationes astaonomico-physicae selectae, in Specula Altorfina ab anno novae ejus instaurationis 1711 usque ad 1723 habitae, et annotationibus elucidatae; 4°, Altorfii, 1723.

Enfin, une série fort précieuse et fort exacte d'observations hors du méridien fut faite, à St. Pétersbourg, par *J. N. de l'Isle,* de 1724 à 1748. Les manuscrits sont à Poulkova. Le temps dépendait de hauteurs correspondantes (*Newcomb*, op. cit., p. 176).

Nous sommes amenés ainsi jusqu'à l'époque où commencent les observations méridiennes.

Pingré avait entrepris de réunir, sous le titre d'Annales célestes du XVIIe siècle, toutes les observations depuis 1601 jusqu'en 1700. Cet ouvrage devait avoir 600 pages. A sa mort, arrivée en 1796, 364 pages étaient imprimées (*Lalande,* Bibliographie astronomique, 4°, Paris, 1803, p. 777. — Aussi *von Zach,* Allgemeine geographische Ephemeriden, 8°, Weimar; vol. III, 1799, p. 519). Cette publication a été suspendue, et nous ignorons ce que les feuilles déjà tirées sont devenues.

Les observations des phénomènes, qui composent les différentes séries dont on a parlé, peuvent être classées d'après leur nature.

Ainsi *Riccioli* a dressé une table des observations d'équinoxes, depuis celui déterminé par *Hipparque* en — 161 et rapporté par *Ptolémée,* jusqu'au dernier qu'il avait observé à Rome (**Ricciolus, Ara, I, 1665, 7-13**). Il y en a de *Ptolémée,* d'*Albategnius,* d'*Avicenne,* de *Prophatius Judaeus,* de *Regiomontanus,* de *Walther,* et d'autres astronomes plus modernes.

Pour rendre la liste complète, il faudrait y ajouter les équinoxes des arabes, qui embrassent une période de 830 à 988 (*Caussin,* Le livre de la grande table hakémite, 4°, Paris, 1804; p. 130, 132, 223).

Les observations des solstices se trouvent avec celles des équinoxes (**Ricciolus, Ara, I, 1661, 16-18**. — *Caussin,* op. c., p. 130, 223).

Les éclipses de Lune sont rassemblées par *Riccioli* (**Ricciolus, Ara, I, 1665, 95-104**), dans une table qui en renferme 100, depuis 1457 jusqu'en 1661. *Purbach* et *Regiomontanus* ouvrent la série. Le même érudit a rassemblé dans une autre table les références relatives aux éclipses, tant de Soleil que de Lune, jusqu'en 1647 (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 362-384, 741-746**). Il y a également dans *Riccioli* une table spéciale des éclipses totales et annulaires de Soleil, depuis l'antiquité jusqu'en 1639 (**Ricciolus, Ara, I, 1665, 143-147**). On y trouve 22 éclipses totales depuis celle de *Thalès,* et 7 éclipses annulaires.

Parmi les conjonctions de planètes les plus remarquables, il faut signaler celle du 17 mars 1725, date à laquelle Mercure, Vénus, Mars et Jupiter étaient ensemble dans le champ des lunettes (*Souciet,* Observations mathématiques.... tirées des anciens livres chinois; 3 vol. 4°, Paris; vol. I, 1729, p. 103).

La plus ancienne occultation de l'antiquité classique est celle de la planète Mars, observée par *Aristote* (De coelo, lib. II, cap. 12), dont *Képler* restitue la date au 4 avril — 356 (*Keplerus,* Ad Vitellionem paralipomena, 4°, Francofurti, 1604; cap. VIII, n° 5, p. 305. — Reproduit : **Keplerus, Opa, II, 1859, 322**). A partir de l'observation de *Waltherus,* du 12 janvier 1482, d'une occultation de Saturne (op. cit., cap. XI, p. 409. — **Keplerus, Opa, II, 1859, 382**), s'ouvre la série moderne. Les occultations de l'époque de la Renaissance, jusqu'au milieu du XVIIe siècle, sont réunies par *Riccioli* (**Ricciolus, Alm, I, 1651, 721**).

Dans la série des occultations, il y a des exemples de planètes couvrant d'autres planètes ou des étoiles fixes. Pour parler seulement de ceux observés au télescope,

nous mentionnerons l'occultation de Mercure par Vénus, le 28 mai 1737 (**Paris, H & M, 1737, 379. — London, PTr, 1738, 394; 1741, 630**). *Gassendi* vit Jupiter passer devant η Geminorum, le 19 décembre 1633 (*Gassendus,* Commentarii de rebus coelestibus, MDCXXXIII. — Dans **Gassendus, Opa, IV, 1658, 161; IV, 1727, 172**), et *Pound* observa le passage de la même planète devant α Geminorum, le 22 janvier 1717 (**London, PTr, 1717, 546**). Saturne fut observé par *G. Kirch* devant ο Tauri, le 17 janvier 1679 (**Berolinum, Msc, I, 1710, 206**). Il y a d'autres exemples.

Les observations des huit premiers passages observés de Mercure devant le Soleil sont présentés dans **Cassini, Elm, 1740, 581**. On peut voir pour la suite, jusqu'en 1786 : **Lalande, Ast_3, II, 1792, 452.**

On trouvera du reste tous les renseignements bibliographiques relatifs aux observations de ces phénomènes, dans l'ouvrage déjà cité (§ 173, n° 2 133) de

5362. **Holden, E. S.** Index-catalogue of books and memoirs on the transits of Mercury; 8°, Cambridge (Mass.), 1878.

Des passages de Vénus, quatre seulement ont été observés jusqu'ici :

Passage de 1639, vu par *Horrocks* et *Crabtree.* Ces observations sont jointes, sous le titre : Venus in Sole visa anno 1639 a *J. Horroxio,* à l'ouvrage d'*Hevelius :* Mercurius in Sole visus Gedani; fol., Gedani, 1662.

Passage de 1761. Nombreuses observations, dont on peut voir les références dans le Repertorium commentationum de *Reuss,* 16 vol. 4°, Göttingae; vol. V, 1804, p. 57-64.

Passage de 1769. Observations encore plus nombreuses, indiquées par les titres des mémoires et notices où elles sont présentées, dans le même volume de *Reuss,* p. 64-74.

Passage de 1874. De nombreuses expéditions scientifiques ont été envoyées pour observer ce passage. On trouvera la plus grande partie des observations dans les ouvrages suivants :

5363. Recueil de mémoires, rapports et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil; 2 vol. 4°, et supplément, Paris, 1874-1878.

Formant le tome XLI des Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France.

3364. **Airy, G. B.** Report on the telescopic observations of the transit of Venus of 1874, made in the expedition of the British gouverment; 4°, London, 1877.

3365. **Newcomb, S.** Observations of the transit of Venus, December 8-9, 1874, made and reduced under the direction of the Commission created by Congress; 4°, Washington, 1880.

Les plus anciennes observations des satellites de Jupiter sont celles de *Galilée,* dont les premières figurent dans le Sidereus nuncius, p. 17. La série entière, du 7 janvier 1610 au 19 novembre 1619, en grande partie d'après les manuscrits, se trouve dans **Galilei, Opc, V, 1846, 41-128.**

Albèri a inséré aussi dans le même volume, p. 37-38 les observations faites à Rome par les jésuites, « observationes jesuitarum », du 28 novembre 1610 au 6 mars 1611.

Les observations de *V. Renieri,* du 17 mai 1639 au 22 avril 1646, sont aussi publiées d'après le manuscrit, par *Albèri,* dans **Galilei, Ope, V, 1846, 346-358.**

On trouvera encore des observations du XVII[e] siècle dans

S. Marius [*Mayer*], Mundus jovialis; 4°, Norimbergae, 1614.

Scheiner, Disquisitiones mathematicae, 4°, Ingolstadii, 1614; n° 39.

Blancanus, Sphaera mundi, 4°, Bononiae, 1620; lib. XIV, cap. 1 et 7.

Gassendi, Novem stellae circa Jovem visae Coloniae; 4°, Lugduni, 1643. — Reproduit : **Gassendus, Opa, IV, 1658, 511; IV, 1727, 551.**

Herigonius, Cursus seu mundus mathematicus, 6 vol. 8°, Parisiis, 1644; vol. V p. 580, 663, 857.

Fr. Fontana, Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, 4°, Neapoli, 1646; tract. VI, cap. 2.

Zupus, [communication manuscrite à *Riccioli*], dans **Ricciolus, Alm, I, 1651, 489.**

Les principales séries publiées du XVIII[e] siècle sont celles de

J. N. de l'Isle, à Pétersbourg, de 1726 à 1745. (**Petropolis, Cii, I, 1727, 467; II, 1729, 491; III, 1732, 425; IV, 1735, 317; V, 1737, 451; VI, 1739, 395; XI, 1750, 349.**)

J. Chevalier, à Lisbonne, de 1753 à 1757. (**London, PTr, 1754, 546; 1755, 48; 1757, 378; Paris, Mpr_1, IV, 1763, 283.**)

J_3. Bernoulli continué par *Schulze,* à Berlin, de 1768 à 1778. (**Berlin, H & M, 1768, 501; $Mém_1$, 1772, 286; 1775, 294; 1777, 206; 1782, 353.**)

F. Wollaston, à Chislehurt, de 1772 à 1782. (**London, PTr, 1773, 73; 1774, 334; 1784, 199.**)

J. D. Maraldi, à Perinaldo, de 1772 à 1793. (**Paris, H & M, 1772, I, 328; 1774, 10; 1776, 574; 1777, 473, 479, 484; 1779, 19; 1786, 613; 1788, 718; 1789, 639; CdT, 1800, 409.**)

Rumovski, avec la participation de *Lexell*, à Pétersbourg, de 1773 à 1785. (**Petropolis, NCi, XVIII, 1774, 614; XIX, 1775, 636; NAc, VIII, 1794, 379.**)

Ciera, Gomes de Villas-boas, do Limpo, do Couto, série de Lisbonne, de 1778 à 1832 (Historia e memorias da Academia das sciencias de Lisboa, 4°, Lisboa; vol. I, 1797, p. 416; vol. II, 1799, p. 517; vol. III, part. I, 1812, correspondencia, p. 105; vol. III, part. II, 1814, p. 61; vol. V, part. II, 1818, p. 126; vol. VI, 1819, p. 128; vol. VIII, 1823, p. 233; vol. X, 1827, p. 151; vol. XII, 1837, sc. ex., p. 35, 41, 53).

Beutler, à Mitau, de 1787 à 1798. (**Berlin, Mém$_1$, 1785, his, 23; Mém$_2$, 1786-87, 35*a*; Petropolis, NAc, XI, 1798, 503; XII, 1801, 457.**)

Un tableau général des observations des éclipses du satellite I, depuis 1668 jusqu'en 1745, a été dressé par *Wargentin* (Acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Holmiae; vol. I, ann. 1742, p. 1). Un tableau semblable pour les éclipses du satellite II, de 1668 à 1743, a été dressé par le même astronome, dans le même volume, année 1743, p. 18. On doit aussi à *Wargentin* une table des observations du satellite III, de 1668 à 1782 (Nova acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; vol. IV, 1784, p. 129).

Wargentin a observé lui-même, dans le siècle dernier, un grand nombre de passages des satellites et de leurs ombres sur le disque de Jupiter (Nova acta Societatis scientiarum upsaliensis, 4°, Upsaliae; vol. II, 1775, p. 249).

Quant aux observations des phénomènes des satellites de Jupiter dans le XIXe siècle, elles sont fort morcellées. On peut voir, au mot « Jupiterstrabanten, » les tables générales du **MCz**, et celles des **ANn**. On trouvera, en outre, des observations détachées d'éclipses des satellites de Jupiter, dans plusieurs des recueils des observatoires, qui vont être mentionnés au § 366.

§ 365. OBSERVATIONS PHYSIQUES.

Nous avons cité, en parlant du Soleil, de la Lune et des différentes planètes, les ouvrages spéciaux qui traitent de l'aspect physique de ces astres. Nous n'avons ici qu'à rappeler, pour les observations anciennes, les titres de quelques ouvrages qui s'occupent en même temps de la plupart de ces corps. Nous indiquerons notamment :

5366. **Fontana, Fr.** Novae coelestium terrestriumque rerum observationes; 4°, Neapoli, 1646. — Réimprimé, 4°, Neapoli, 1667.

5367. **Hevelius, J.** Selenographia sive Lunae descriptio; fol., Gedani, **1647**.

Cet ouvrage contient, en dehors des études qu'indique le titre, des détails sur l'aspect physique des différentes planètes.

Il faut surtout mentionner ici certaines séries inédites, dont nous n'avons pas eu occasion de parler ailleurs.

On conserve au Musée de Leide le journal des observations de *Huygens*. Il se compose de 44 pages, renfermant presque exclusivement des observations sur l'aspect de Saturne, de Jupiter et de Mars, depuis 1657 jusqu'en 1694 (**ANn, XXV, 1847, 247**).

Les dessins originaux des taches solaires de *R. C. Carrington*, datant de 1853, sont conservés à la Société astronomique de Londres, où ils ne forment pas moins de 14 volumes.

En ce qui concerne la sélénographie, *Schwabe* a exécuté, pendant sa longue carrière, un nombre très-considérable de dessins des taches lunaires, composant 39 volumes, qui sont maintenant en la possession de la Société astronomique de Londres (Selenographical journal, 8°, London; vol. III, 1880, p. 50).

L'observation spéciale des étoiles variables, à titre de constatation pure et simple des éclats, est de date récente. Les principales sources, que nous n'avons pas encore citées, se trouveront en cherchant sous les mots « Veränderliche Sterne, » aux tables générales des **ANn**.

§ 366. OBSERVATIONS DE POSITIONS.

Les observations méridiennes régulières ont commencé au milieu du XVIIIe siècle. A partir de cette époque, les publications des grands observatoires sont devenues peu à peu des collections spéciales, renfermant, avant tout, les déterminations d'ascension droite et de déclinaison. A ces observations principales se joignent aussi, sous le titre d'observations en dehors du méridien, quelques observations de phénomènes astronomiques et de comètes; mais cette partie est devenue l'accessoire. Aussi allons-nous donner ici la liste des principales séries, publiées par les observatoires, contenant des déterminations méridiennes; et nous indiquerons, par quelques mots, celles de ces collections dans lesquelles les observations extra-méridiennes tiennent une place plus considérable que de coutume.

Sur le degré de précision des observations du XVIIe siècle et de celles du XVIIIe, on verra

5368. **Bode, J. E.** Ueber die Genauigkeit astronomischer Beobachtungen und Berechnungen, besonders in historischer Rücksicht. **BaJ, 1821, 183.**

Parmi les grands observatoires modernes, celui dont la série régulière de publications remonte le plus haut est l'Observatoire de BERLIN. Voici comment cette série est composée :

3369. Kirch, C. Observationes astronomicae selectiores in observatorio regio berolinensi habitae; 4°, Berolini, 1730.

3370. Bernoulli, J_3. Observations [méridiennes] faites à Berlin en 1770. Berlin, $Mém_1$, I, 1770, 216.

3371. Bode, J. E. Verschiedene astronomische Beobachtungen, auf der k. Sternwarte in den Jahren 1788 bis 1797 angestellt. Sammlung der Deutschen Abhandlungen welche in der Akademie der Wissenschaften zu Berlin vergelesen werden, 4°, Berlin; vol. I, 1793, p. 145; vol. II, 1796, p. 69; vol. III, 1799, Math, p. 3; vol. IV, 1803, p. 125. — Ces observations sont également insérées dans les volumes annuels du BaJ, à partir du volume destiné à l'année 1791. Elles sont continuées dans cette collection jusqu'en 1825, et ont paru dans le volume pour 1827.

3372. Bode, J. E. Observations astronomiques faites à l'Observatoire royal de Berlin [1798-1804]. Berlin, $Mém_3$, 1799-1800, 189; 1801, 144; 1802, 103; 1803, 117; 1804, 137.

3373 Encke, J. F. Astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte in Berlin; 4 vol. fol., Berlin, 1840-1857.

Le Monnier a fait à son observatoire particulier des observations de positions, qui sont publiées dans l'ouvrage :

3374. Le Monnier, P. C. Observations de la Lune, du Soleil et des étoiles fixes, pour servir à la physique céleste et aux usages de la navigation; 4 vol. 4°, Paris, 1751-1773.

Observations de 1733 à 1746.

L'Observatoire de GREENWICH vient ensuite, avec la série d'observations méridiennes la plus importante de toutes celles qui sont publiées, sous le double rapport du nombre et de l'exactitude des observations.

3375. Bradley, J. Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich, from the year 1750 to the year 1762, with a continuation by N. Bliss to the year 1765; 2 vol. fol, Oxford, 1798-1805.

Cet ouvrage contient des passages méridiens et des distances au zénit, les premiers qui supportent la comparaison avec les observations modernes.

3376. **Maskelyne, N.** Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich; 4 vol. fol., London, 1776-1811.

Ces volumes renferment les observations de *Maskelyne* et de ses adjoints, de 1765 à 1810.

3377. **Pond, J.** Astronomical observations made at the Royal Observatory at Greenwich; 18 vol. fol., London, 1815-1835.

Observations des années 1811 à 1835. Jusqu'en 1824 inclusivement les années sont réunies par deux dans chaque volume; la publication est devenue ensuite annuelle.

3378. **Airy, G. B.** Astronomical observations made at the Royal Observatory, Greenwich; 12 vol. 4°, London, 1837-1849.

Observations des années 1836 à 1847, en volumes annuels.

3379. **Airy, G. B.** Astronomical and magnetical and meteorological observations made at the Royal Observatory, Greenwich; 32 vol. 4°, London, 1850-1881.

Observations de 1848 à 1879. Les observations magnétiques et météorologiques de 1840 à 1847 inclusivement, avaient été publiées séparément des observations astronomiques.

Indépendamment des catalogues d'étoiles, qui ont été signalés en leur lieu, l'Observatoire de Greenwich a publié les réductions des positions observées de la Lune et des planètes, dans les recueils suivants :

3380. **Airy, G. B.** Reductions of the observations of planets made from 1750 to 1830; 4°, London, 1845.

3381. **Airy, G. B.** Reductions of the Greenwich observations of the Moon, made from 1750 to 1830; 2 vol 4°, London, 1848.

Dans les volumes annuels publiés depuis 1848, les positions résultant des observations sont calculées dans une section, qui se publie également à part, sous le titre : Results of the astronomical observations made at the Royal Observatory, Greenwich.

Il y a, en outre, beaucoup d'observations et de calculs, se rattachant à des objets particuliers, disséminés dans les différents volumes de cette importante série. On en trouvera une table, sous le titre :

3382. *** Index to the records of occasional observations and calculations made at the Royal Observatory, Greenwich, and to other miscellaneous papers connected with that institution, not comprehended in

the ordinary routine of the observatory, but printed in the annual volumes of the « Greenwich observations, » from 1836, January, to 1875, December; with list of other publications of the Royal Observatory. **London, MNt, XXXIX, 1879, 505.**

A l'Observatoire de la Marine à PARIS, on a des observations des planètes par

3383. **Messier, C.** Catalogue et notice de ses principales observations depuis 1752 jusqu'au commencement de 1763. **Paris, Mpr_1, V, 1768, 611.**

On a quinze années d'observations de TYRNAU, en Hongrie :

3384. **Weiss, F.** Observationes astronomicae in Observatorio Collegii academici Societatis Jesu Tyrnaviae in Hungaria; 10 cah. 4°, Tyrnaviae, 1759-1772.

Les observations comprennent les années 1756 à 1770. Quelques-unes de ces observations sont données en allemand, par J_3. *Bernoulli*, dans le **BaJ.** Il y a du reste, dans les observations de Tyrnau, beaucoup d'observations extra-méridiennes.

L'Observatoire de KREMSMÜNSTER a fait deux publications, dans la seconde moitié du siècle dernier. Il faudra chercher dans les **ANn**, les observations récentes de cet établissement.

3385. **Fixlmillner, P.** Decennium astronomicum continens observationes ab anno 1765 ad annum 1775 in specula Cremifanensi factas; 4°, Styrae, 1776.

Outre les observations des planètes, il y a beaucoup d'observations hors du méridien.

3386. **Fixlmillner, P.** Acta astronomica cremifanensia; 4°, Styrae, 1792.

Ces observations sont la continuation des précédentes jusqu'en 1791 inclusivement.

Les observations qui se présentent ensuite sont celles de PISE, dans lesquelles les observations des phénomènes tiennent encore une place relativement considérable :

3387. **Cadenberg, J. Slop de.** Observationes siderum habitae Pisis in specula astronomica; 6 vol. 4°, Pisis, 1769-1795.

Le dernier volume a été publié par F. Slop de *Cadenberg*. Ces observations embrassent de 1765 à 1793.

Les anciennes observations de Montpellier ont été recueillies dans la Correspondance de *de Zach :*

3388. **Ratte, de.** Observations astronomiques faites à l'Observatoire de Montpellier, 1773 à 1788. **Cas, II, 1819, 151.**

La publication des observations méridiennes et extra-méridiennes faites à l'Observatoire de Paris ne remonte qu'à celles de l'année 1777. Elle a été faite d'abord dans les Mémoires de l'Académie et dans la Connaissance des temps. La collection se compose de la manière suivante :

3389. **Cassini [de Thury], J. D.** Extrait d'observations astronomiques et physiques faites à l'Observatoire. **Paris, H & M, 1782, 281; 1784, 631; 1786, 314, 363; 1787, 18; 1788, 62, 103; 1789, 105.**

Les observations de 1767 à 1789 inclusivement. Une partie de ces observations sont reproduites dans **BaJ**, années 1791-1797.

3390. **Lalande, J. J. de.** Observations astronomiques, avec les calculs. **CdT, 1796, 192; 1797, 287.**

Observations de 1790 à 1795.

3391. **Bouvard, A.** Observations faites à l'Observatoire en l'an IV [1796]. **Paris, Mpr₂, I, 1806, 76.**

3392. **Bouvard, A.**, avec la coopération successive de *P. Méchain*, *C. L. Mathieu* et *F. Arago.* Observations astronomiques faites à l'Observatoire de Paris. **CdT, 1808, 255; 1809, 219; 1810, 219; 1811, 219; 1812, 211; 1823, 258; 1824, 219; 1825, 228.**

Observations de 1800 à 1809 inclusivement.

3393. **Bureau des longitudes.** Observations astronomiques faites à l'Observatoire de Paris; 3 vol. fol., Paris, 1825-1848.

Observations de 1810 à 1828; ascensions droites à la lunette méridienne de 1837 à 1846.

3394. **Le Verrier, U. J., continué par Mouchez, E.** Annales de l'Observatoire de Paris, observations; 29 vol. 4°, Paris, 1858-1881.

Après le XXIIIe volume, qui contient les observations de 1867, il n'y a plus de tomaison.

Les observations de 1871-1873 n'ont pas encore paru. On a, dans les derniers volumes imprimés, celles de 1874-1877.

Les volumes I-XXII ont été publiés par *Le Verrier;* le XXIIIe ne porte pas de nom d'auteur. Les volumes suivants sont dus à *Mouchez.*

Cette collection reprend les observations de l'Observatoire de Paris de 1800 à 1828, qui sont rassemblées dans le vol. I, puis toute la série postérieure à 1837.

L'Observatoire de COPENHAGUE a donné trois années d'observations qui, pour l'époque, sont loin d'être à négliger :

3395. **Bugge, T.** Observationes astronomicae annis 1781-83 institutae in observatorio regio havniensi et cum tabulis comparatae; 4°, Havniae, 1784.

3396. **Flaugergues, H.** Observations astronomiques faites à Viviers, département de l'Ardèche. **Paris, Mém$_1$, I, 1798, 102.**

Il y a aussi un tableau des observations hors du méridien, faites par cet astronome de 1787 à 1817, dans **Cas, I, 1818, 183.**

3397. **Sniadecki, J.** Observations astronomiques faites à l'Observatoire de l'université de Wilna. **St. Pétersbourg, MAc, II, 1810, 208; IV, 1813, 310; VII, 1820, 286; IX, 1824, 268.**

Observations de 1808 à 1821. Il y a eu des suites, jusqu'en 1843, publiées séparément par fascicules, par *Slavinsky,* puis par *Hlouschnevitch.*

3398. Astronomische Beobachtungen auf der k. Universitäts-Sternwarte in Königsberg; 36 parties fol., Königsberg, 1816-1870.

Observations de 1813 à 1868. Les observations méridiennes forment des séries d'une grande précision et d'une haute importance. Les parties I à XXI ont été publiées par *Bessel;* les parties XXII à XXVII, sect. I, par *Busch;* les parties XXVII, sect. II et XXVIII, par *E. Luther & Wichmann;* la partie XXIX, par *Busch;* les parties XXX et XXXI, par *E. Luther & Wichmann;* la partie XXXII, par *E. Luther;* la partie XXXIII, par *E. Luther & Wichmann;* les parties XXXIV à XXXVI, par *E. Luther.*

D'autres observations méridiennes de la même époque, ayant une égale importance, sont celles de l'Observatoire de Dorpat. Elles forment deux séries, savoir :

3399. **Struve, F. G. W.** Observationes astronomicae institutae in specula universitatis dorpatensis; 8 vol. 4°, Dorpati, 1817-1840.

Contenant les observations de 1814 à 1838.
Les volumes IV-VIII ont une sous-tomaison séparée.

3400. **Mädler, J. H.** Beobachtungen der k. Universitäts-Sternwarte Dorpat, 8 vol. 4°, Dorpat, 1841-1866.

Observations de 1839 à 1861.
Ces volumes sont numérotés IX à XVI, et font suite à la publication latine du n° précédent.

3401 **David, A.** Astronomische Beobachtungen. Abhandlungen der Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, IIIte Folge, 4°, Prag; vol. VI, 1820; vol. VII, 1822.

Observations de 1816 à 1819.

3402. **Plana, J.** Observations astronomiques faites à l'Observatoire de Turin. Torino, Mem$_1$, XXIII, 1818, 332; XXXII, 1828.

Observations de 1817 et de 1822-1825.

L'Observatoire de Munich a publié une collection étendue :

3403. **Soldner, J.** Astronomische Beobachtungen, augestellt auf der Sternwarte zu Bogenhausen; 5 vol. 4°, München, 1824-1838.

Observations de 1819 à 1827.

3404. **Lamont, J.** Observationes astronomicae in specula Monachiens institutue; 10 vol. 4°, Monachii, 1834-1847.

Observations de 1828 à 1844.

3405. **Lamont, J.** Annalen der k. Sternwarte bei München, 20 vol. 8°, München, 1848-1874.

Avec 13 Supplementbände, 8°, München, 1857-1874.

3406. **Goldingham, J.** Astronomical observations made at the East India Company's Observatory at Madras; 4 cah. fol., Madras, 1821-1825.

Très-rare. Observations de 1819 à 1824.

3407. **Taylor, T. G.** Results of astronomical observations made at the East India Company's Observatory at Madras; 5 vol. 4°, Madras, 1832-1839.

Observations de 1831 à 1839.

3408. **Taylor, T. G.** Astronomical observations at Madras in the years 1843-1847; fol., Madras, 1848.

3409. **Jacob, W. S.** Astronomical observations made at Madras in the years 1848-1852; 4°, Madras, 1854.

Les observations faites par *Gambart* à l'Observatoire de Marseille, de 1820 à 1825 inclusivement, sont insérées dans : **CdT, 1826, 219; 1827, 261; 1828, 273; 1830, 114.**

Les observations de Genève ont été publiées, non sans quelques interruptions, dans les Mémoires de la Société de Genève, savoir :

3410. **Gautier, A.** Note sur quelques observations astronomiques faites en 1821 et 1822 à l'Observatoire de Genève. Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, 4°, Genève; vol. I, 1822, p. 501.

3411. **Plantamour, E.** Observations astronomiques faites à l'Observatoire de Genève. Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, 4°, Genève; vol. X, 1843; vol. XI, 1846; vol. XII, 1849, suppl.; vol. XIII, 1854; vol. XIV, 1855; vol. XV, 1860; vol. XVI, 1862, 472.

Observations de 1842 à 1858.

Les observations modernes de Vienne commencent en 1820, et sont contenues dans les séries suivantes :

3412. **Littrow, J. J.** Annalen der k. k. Sternwarte in Wien; 20 vol. fol., Wien, 1821-1840.

3413. **Littrow, C. L. von.** Annalen der k. k. Sternwarte in Wien, neue Folge; 14 vol. 4°, Wien, 1841-1851.

3414. **Littrow, C. L. von.** Annalen der Sternwarte in Wien, dritte Folge; 26 vol. 8°, Wien, 1851-1877.

3415. **Fallows, F.** Results of the observations made in the years 1829-1831 at the Cape of Good Hope, reduced under the superintendence of *G. B. Airy.* **London, MAS, XIX, 1851, 1.**

3416. **Maclear, T.** Astronomical observations made at the Observatory, Cape of Good Hope; fol., Cape of Good Hope, 1840.

Cette publication est marquée vol. I, mais n'a pas été continuée.

3417. **Stone, E. J.** Results of astronomical observations made at the Cape of Good Hope; 5 vol. 8°, Cape Town, 1871-1877.

Les observations de *Maclear* de 1856 à 1859, et celles de *E. J. Stone* de 1871 à 1873.

3418. **Robinson, T. R.** Astronomical observations made at the Armagh Observatory; 4°, London, 1832.

Ces observations, qui ont paru en trois parties, sont marquées vol. I; mais la publication n'a pas continué.

Les observations de Cambridge (Angleterre) ont une grande valeur, comme observations de positions. Il y a aussi dans les recueils de cet observatoire un certain nombre d'observations extra-méridiennes.

3419. Astronomical observations made at the Observatory at Cambridge; 20 vol. 4°, Cambridge, 1829-1864.

Observations de 1828 à 1860.

Les volumes I à VIII sont publiés par *Airy, G. B.;* les volumes suivants par *Challis, J.*

3420. **Cerquero, J. S.** Observaciones hechas en el Observatorio de San Fernando; 3 vol. fol., San Fernando, 1833-1836.

Observations de 1833 à 1835.

3421. Annales del Observatorio de Marina, sect. I, observaciones astronomicas; fol., San Fernando, 1871.

3422. Annales de l'Observatoire de Bruxelles; 25 vol. 4°, Bruxelles, 1834-1877.

Les volumes I à XXIII sont publiés par *Quetelet, A.;* le volume XXIV par *Quetelet, E.;* le volume XXV est sans nom d'auteur.

3423. Annales de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, astronomie; 3 vol. 4°, Bruxelles, 1878-1880.

Publiées par *Houzeau, J. C.*
Ces deux séries contiennent les observations de 1833 à 1878.

3424. Astronomical observations made at the Observatory, Edinburgh; 13 vol. 4°, Edinburgh, 1838-1871.

Observations de 1834 à 1869.
Les volumes I à VI sont de *Henderson, T.;* la suite de *Smyth, C. P.*

Les publications de l'Observatoire de WASHINGTON sont fort importantes. En voici l'indication :

3425. Gilliss, J. M. Astronomical observations made at the Naval Observatory, Washington; 8°, Washington, 1845.

Observations de 1838 à 1842.

3426. Astronomical observations made at the National Observatory, Washington; 6 vol. 4°, Washington, 1846-1867.

Observations de 1845 à 1852.
Les cinq premiers volumes sont par *Maury, M. F.;* le dernier, contenant les observations de 1851 et 1852, par *Gilliss, J. M.*

3427. Astronomical and meteorological observations made at the U. S. Naval Observatory, Washington; 17 vol. 4°, Washington, 1862-1881

Observations annuelles depuis 1861. Les observations de 1853 à 1860 inclusivement, qui comblent la lacune entre cette série et la précédente, ont été données dans le volume pour 1871, append. II.

3428. **Loomis, E.** Astronomical observations made at Hudson Observatory. Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, new series, 4°, Philadelphia; vol. VII, 1841, p. 43; vol. VIII, p. 141; vol. X, 1853, p. 1.

Observations de 1839 à 1844.

Les importantes observations de Poulkova, à partir de 1842, sont contenues dans la série ci-dessous :

3429. **Struve, O.** Observations de l'Observatoire central Nicolas à Poulkova; 9 vol. 4°, St. Pétersbourg, 1869-1878.

La série de l'Observatoire Radcliffe d'Oxford a également une grande valeur :

3430. Results of astronomical and meteorological observations made at the Radcliffe Observatory, Oxford; 36 vol. 8°, Oxford, 1842-1878.

Observations de 1840 à 1875.
Les volumes I à XVIII sont dus à *Johnson, M. J.;* les suivants, à *Main, R.*

3431. **Argelander, F. W. A.** Astronomische Beobachtungen angetellt auf der Sternwarte zu Bonn; 7 vol. 4°, Bonn, 1846-1869.

3432. **Chevallier, T.** Results of astronomical observations made at the Observatory of the university, Durham; 2 vol. 8°, Durham, 1849-1855.

Observations de 1846 à 1852 par *Thompson, R. A.* et *Carrington, R. C.*

3433. **Gilliss, J. M.** The United States naval astronomical expedition to the Southern hemisphere (Santiago) during the years 1849-1852; 4 vol. 4°, Washington, 1855.

Ces quatre volumes, portant les numéros I, II, III et VI sont les seuls qui aient été publiés.

3434. **Moesta, C. G.** Observaciones astronómicas hechas en el Observatorio nacional de Santiago de Chile; 2 vol. fol., Santiago puis Dresde, 1859-1876.

3435. **Vergara, J. J.** Observaciones meridianas de las estrellas; 8°, Santiago, 1866.

Observations de 1864 à 1866 sur quelques étoiles zénitales.

La collection de CAMBRIDGE (États-Unis) renferme des recherches physiques d'un grand intérêt.

3436. Annals of the astronomical Observatory of Harvard College, Cambridge (Mass.); 11 vol. 4°, Cambridge, 1856-1879.

3437. **Scott, W.** Astronomical observations made at the Sydney Observatory; 2 vol. 8°, Sydney, 1860-1861.

Observations de 1859 et de 1860.

3438. **Russell, H. C.** Results of astronomical observations made at the Sydney Observatory, New South Wales; 8°, Sydney, 1880.

Observations de 1877 et 1878.

3439. **Ellery, R.** Astronomical observations made at the Melbourne Observatory; 4 vol. 8°, Melbourne, 1866-1873.

Observations de 1861 à 1870. Le premier volume contient les observations faites à l'Observatoire provisoire de Williamstown.

3440. **Petit, F.** Annales de l'Observatoire de Toulouse; 4°, Toulouse, 1863.

Vol. I; la publication n'a pas été continuée.

3441. **Bianchi, G.** Materiali raccolti nella specola di Modena, e ordinati per servire a lavori e ricerche di astronomia siderale. **Roma, Att, XVII, 1864, 177.**

3442. Astronomical observations taken at the private Observatory of *J. G. Barclay,* Leyton, Essex; 2 vol. 4°, London, 1870-1873.

Observations de 1865 à 1872.

3443. Annals of the Dudley Observatory, Albany; 2 vol. 8°, Albany, 1866-1871.

Publié par *Hough, G. W.*

3444. **Möller, A.** Planet- och Komet- observationer på Lunds Observatorium. Lunds universitets Ars-skrift, Afdelningen för mathematik; 4°, Lund : vol. IV, 1867, n° 2; vol. VI, 1869, n° 4; vol. VII, 1870, n° 2; vol. VIII, 1871, n° 1; vol. IX, 1872, n° 1; vol. X, 1873, n° 1.

Observations de 1867 à 1873.

3445. Annalen der Sterrewacht te Leiden; 4 vol. 4°, Haarlem & Haag, 1868-1875.

Les volumes I à III sont publiés par *Kaiser, F.;* le volume IV a été donné par *Vande Sande-Backhuysen, H. G.* La publication des observations au cercle méridien est continuée dans les ANn, vol. LXXX, 1873, et suivants.

3446. **Engelmann, R.** Resultate aus Beobachtungen auf der Leipziger Sternwarte; 4°, Leipzig, 1870.

Les observations plus récentes de Leipzig sont dans les ANn, vol. LXXXVIII, 1876, et suivants.

3447. Astronomical observations and researches made at Dunsink, the Observatory of Trinity College, Dublin; 2 vol. 4°, Dublin, 1870-1875.

FIN.

TABLE BIBLIOGRAPHIQUE

renfermant, dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs, l'indication des ouvrages et mémoires renseignés à titre bibliographique dans le présent volume.

Dans chaque article, après la date des ouvrages, le premier nombre indique le § dans lequel nous en avons parlé, et le second, le n° sous lequel figure le titre dans notre texte.

Les ouvrages et mémoires de chaque auteur sont mentionnés, sous son nom, dans l'ordre chronologique.

Lorsque plusieurs éditions sont indiquées, dans le texte, à la suite les unes des autres, on s'est contenté de donner ici le n° de la première. On n'a pas non plus mentionné séparément les traductions qui viennent à la suite de l'ouvrage original.

Les lettres allemandes ä, ö, ü *sont placées dans l'ordre alphabétique, comme s'il s'agissait de simples* a, o, u.

Les ouvrages anonymes sont portés au rang alphabétique du premier mot essentiel contenu dans le titre.

---

	§	N°
Aguilar y Vela, A. Historia y progresos de la Astronomia, 1855.	42	254
Airy, G. B. Mathematical tracts, 1826	110	1370
» On the figure of the Earth, 1826	116	1550
» On the figure assumed by a fluid homogeneous mass, 1827	116	1551
» Progress of Astronomy during the present century, 1831	64	700
» Gravitation, 1834	110	1371
» Astronomical observations, 1837	366	3378
» The history of the Observatory at Greenwich. 1838	360	3330
» On the determination of the orbits of comets, 1840	101	1281
» Reductions of the observations of planets, 1845.	366	3380
» Circumstances connected with the discovery of the planet exterior to Uranus, 1847	283	2746
» Six lectures on Astronomy, 1848	31	164
» Reductions of the Greenwich observations of the Moon, 1848.	366	3381
» Astronomical and magnetical and meteorological observations, 1850.	366	3379
» Remarks upon certain cases of personal equation, 1856	354	3277
» On the apparent projection of stars upon the Moon's disk, 1860.	134	1703
» Remarks on the appearance of Jupiter, 1860	251	2597
» On the circularity of the Sun's disk, 1862	160	1980
» On the amount of light given by the Moon, 1864	132	1686
» On the origin of the apparent luminous band, 1864	132	1690
» Comparison of the transit-instrument, 1865	351	3249
» On a supposed alteration in the amount of astronomical aberration of light, 1872	88	1155
» First part of numerical lunar theory, 1875	115	1524
» Spectroscopic results of the motions of stars, 1876.	140	1763
» Report on the observations of the transit of Venus, 1877	364	3364
» On the theoretical value of the acceleration of the Moon, 1880.	115	1540
Albategnius. De motu [scientia] stellarum, 1537.	58	548
Albertus Magnus [Albert de Bolstadt]. De coelo et mundo, 1490	59	606
» Speculum astronomicum, 1517	59	607
» Opera omnia, 1651.	67	749
Albini, G. The Sun's true bearing, 1876	83	1146
Albrecht, T. Bestimmung von Längendifferenzen mit Hülfe der electrischen Telegraphen, 1869	82	1091
» Formeln fur geographische Ortsbestimmungen, 1874	80	1017
Alembert, J. L. d'. Réflexions sur la cause générale des vents, 1747.	121	1604
» Recherches sur la précession des équinoxes, 1749	119	1585
» Recherches sur différents points du système du monde, 1754.	112	1409
» Précession des équinoxes dans l'hypothèse de la dissimilitude des méridiens, 1754	119	1586
» Inégalités du mouvement de la Terre, 1754	194	2182

	§	N°
ALEMBERT, J. L. D'. Nova tabularum lunarium emendatio, 1756 . .	211	2292
» Opuscules mathématiques, 1761.	110	1583
» Nouvelles recherches sur les verres optiques, 1764	347	3210
ALEXANDER, S. [Appearances of the satellites of Jupiter], 1874. . .	258	2649
» Harmonies of the solar system, 1875	150	1908
ALEXANDRE, J. Traité général des horloges, 1734	78	947
ALFONSO [ALPHONSUS]. Coelestium motuum tabulae, 1483	155	1962
» Libros del saber de Astronomia, 1863.	59	575
ALFRAGANUS. Rudimenta Astronomiae, 1493	58	543
ALHAZEN. Optica, 1572	58	552
ALKUDSCHI, A. Miretul-Aalem, 1824	26	135
ALLÉGRET, —. Sur l'accélération du moyen mouvement de la Lune, 1865	115	1534
» Note sur la réaction des eaux de la mer, 1866	115	1536
ALLIACUS [D'AILLY], P. Tractatus de imagine mundi, 1480	59	608
ALMANAQUE náutico y efemérides astronómicas, 1792	344	3173
ALPETRAGIUS. Theorica planetarum, 1531	58	553
ALSTED[IUS], J. H. Encyclopaedia, 1630.	39	207
AMARASINHA. Dictionarii samscrdamici sectio prima, 1798	50	351
AMERICAN ephemeris, The, 1855	344	3175
ANDRÉ, C. Traité d'astronomie pratique, 1872.	342	3162
» Étude de la diffraction dans les instruments d'optique, 1876. .	130	1674
» » » » . . .	325	2962
» Sur une nouvelle correction a apporter aux observations, 1877.	130	1675
ANDRÉ, C. & ANGOT, A. Origine du ligament noir, 1881.	133	1699
ANDRÉ, C., RAYET, G. & ANGOT, A. L'astronomie pratique, 1874 . .	359	3319
ANDREW, J. Astronomical and nautical tables, 1805	83	1134
ANGER, C. T. Grundzüge der neueren astronomischen Beobachtungs-Kunst, 1847	342	3158
ANGOT, A. Étude sur les images photographiques, 1877.	142	1795
ANGSTRÖM, A. J. Recherches sur le spectre solaire, 1868.	167	2044
ANGULI, J. C. J. Astronomia para todos, 1829	5	15
ANNUAIRE de l'Observatoire de Bruxelles, 1834	344	3182
ANNALEN der Sterrewacht te Leiden, 1868.	366	3445
ANNALES de l'Observatoire de Bruxelles, 1834	366	3422
ANNALES de l'Observatoire de Bruxelles, nouvelle série, 1878 . . .	366	3423
ANNALES del Observatorio de marina, 1871	366	3421
ANNALS of the Dudley Observatory, 1866	366	3443
ANNALS of the Observatory of Harvard College	366	3436
ANNUAL of scientific discovery, 1854	65	719
ANNUARIO dell'Osservatorio di Napoli, 1857	344	3187
ANNUARIO del Observatorio de Madrid, 1860	344	3188
ANNUARIO scientifico, 1864.	65	718

	§	N°
BESSEL, F. W. Untersuchungen über die scheinbare und wahre Bahn des Kometen, 1810	112	1463
» Untersuchungen über die Bahn des Olbers'schen Kometen, 1812.	112	1464
» Analytische Auflösung der Kepler'schen Aufgabe, 1816	92	1212
» » » »	112	1427
» Reduction von Circummeridianhöhen des Mondes, 1817	81	1020
» Formeln zur genau Berechnung der Nutation, 1818	89	1172
» Fundamenta Astronomiae, 1818.	89	1173
» Thermometer-Verbesserungen der Strahlbrechung, 1822	125	1637
» Personal Gleichung, 1823.	334	3269
» Mittheilung einiger Vorbereitsrechnungen, 1824	89	1174
» Untersuchung der planetarischen Störungen, 1824.	112	1417
» Bestimmung der Polhöhen-Unterschiede durch das Passagen instrument, 1825	81	1031
» Ueber die Vorausberechnung der Sterndeckungen, 1829	106	1339
» Tabulae regiomontanae, 1830	89	1187
» Tafeln der mittlere Bewegungen des Hugenischen Satelliten, 1831.	273	2711
» Theorie des Heliometers, 1831	348	3228
» Bemerkungen über eine angenomene Atmosphäre des Mondes, 1834.	221	2584
» Ueber die Aberration der Planeten und Cometen, 1835	88	1164
» Berechnungsart der Beobachtungen der Satelliten, 1835	107	1347
» Ueber die scheinbare Figur einer Planetenscheibe, 1835	109	1362
» Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Kometen, 1836	297	2827
» Ueber Fluth und Ebbe, 1838.	121	1610
» Ueber den Mond, [1838]	207	2256
» Astronomische Untersuchungen, 1841.	67	779
» Theorie eines Aequatorealinstruments, 1841	332	3262
» Berechnungsart für die Methode der Entfernung des Mondes von anderen Himmelskörpen, 1842	82	1047
» Analyse der Finsternisse, 1842	104	1324
» Ueber die Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen, 1845	330	3010
» Populäre Vorlesungen, 1848	20	102
» Ueber die aus der Schwere hervorgehenden Veränderungen, 1848.	331	3255
» Abhandlungen, 1875	67	780
BETTE, W. Unterhaltungen über einige Capitel der Mécanique céleste, 1870.	95	1244
BEUGHEM, C. A. Bibliographia mathematica, 1688.	69	882
BIANCHI, G. Materiali raccolti nella specola di Modena, 1864	366	3441
» Variabilità dei moti proprj, 1866	330	3012
BIANCHINI, F. & ROCCA, I. Dialogo-fisico-astrônomico contro il sistema, 1680	146	1876

	§	N°
BRÜNNOW, F. On the determination of the flexure of instruments, 1861.	351	3256
» Tables of Iris, 1869	240	2525
BRUNUS [BRUNO], J [G.] De infinito et innumerabilibus, 1524. . .	144	1807
» De maximo et immenso, 1591	145	1818
BUFFON, J. L. LE CLERCQ DE Réflexions sur la loi de l'attraction, 1745.	111	1399
BUCHNER, O. Die Fenermeteore, 1859	299	2861
BUGGE, T. Observationes astronomicae, 1784	366	3395
» De firste grunde til den Astronomie, 1796.	22	116
BULLIALDUS, J. Aristarchus redivivus, 1638.	145	1835
» Philolaus, 1639	145	1836
BULLIALDUS [BOULLIAU], I. Astronomia philolaica, 1645.	63	683
» Tabulae philolaicae, 1645	155	1968
» Ad astronomos monita duo, 1667	340	3098
BURCKHARDT, J. C. Methode die alten Distanzen-Beobachtungen zu reduciren, 1800	76	934
» Genäherten Bestimmung der Elemente einer Cometenbahn, 1801.	98	1262
» Formules générales pour les perturbations, 1808	112	1425
» Sur les différents moyens employés pour observer le Soleil, 1811.	165	1995
» Tables de la Lune, 1812	211	2302
» Table générale du mouvement parabolique, 1818	96	1250
» Table des différences logarithmiques, 1820	82	1058
» Sur les petites équations dans la théorie de Jupiter, 1820. . .	245	2566
BURDWOOD, J. Sun's true bearing, 1850 (?).	85	1143
BUREAU DES LONGITUDES. Annuaires, 1819	344	3179
» Observations astronomiques, 1825	366	3393
BÜRG, J. T. Absolute Ascension des α Aquilae, 1805.	76	936
» Tables de la Lune, 1806	211	2299
BURGESS, E. Translation of the Surya siddhânta, 1860	50	533
BÜRJA, A. Lehrbuch der Astronomie, 1794.	37	194
BURRITT, E. The geography of the heavens, 1830.	333	3036
BURTON, C. E. On the aspect, of Mars, 1779.	236	2503
» Physical observations of Mars, 1881	236	2507
BUSCH, G. C. B. Handbuch der Erfindungen, 1790	44	266
BYRNE, G. Treatise on navigation, 1877.	85	1125
CADENBERG, J. SLOP DE. Observationes siderum, 1769	366	3387
CAESIUS [BLAEU], G. Catalogus omnium cometarum, 1579	291	2765
CAESIUS A ZESEN [BLAEU], P. Coelum astronomico-poeticum, 1662 .	308	2910
CAGNOLI, A. Trigonometria piana e sferica, 1786	92	1210
» » » »	103	1313
» Delle stazioni de' pianeti, 1786	94	1232
» Notizie astronomiche, 1799	16	53
» Effettos dell' aberrazione, 1804	88	1163
» Metodo per trovare gli elementi d'un pianeta, 1813	98	1264

	§	N°
Caillet, V. Sur la valeur du pouvoir réfringent de l'air, 1855. . .	126	1655
Cajetano, D. a S. Anleitung für Künstler, 1793	45	270
Calandrelli, G. Formole analitiche della pasqua, 1822.	229	2440
Calandrelli, I. Sulla rifrazione solare, 1857	165	2031
Caluso, T. V. de. De l'orbite d'Herschel ou Uranus, 1788	275	2734
Calvisius, S. Opus chronologicum, 1606	230	2449
Campanella, T. Apologia pro Galilaeo, 1622	145	1829
Canellas, F. D. A. Elementos de Astronomia nautica, 1816 . . .	83	1106
Cantoni, G. Misura del tempo, 1684	78	966
Cantor, M. Die Methode sūdindischer Astronomen, 1863	50	330
Capaun-Karlowa, G. G. Die Erde steht nicht fest, 1854.	145	1848
Capella, Martianus. De nuptiis philologiae et Mercurii, 1499 . . .	56	350
Capellus [Capelli], A. Astrosophia numerica, 1733	90	1190
» Tabulae lunares, 1733.	211	2285
Caravelli, V. Trattato d'Astronomia, 1782	37	193
Carballo y Dias. Tratado de Astronomia, 1870	17	59
Carey, G. Astronomy, 1825	31	160
Carl, P. Principien der astronomischen Instrumentenkunde, 1863 .	345	3194
» Literatur über Mikrometer, 1863	348	3230
» Literatur über Meridiankreis und über Mauerkreis, 1863. . .	351	3260
» Literatur über Aequatoreal, 1863	352	3264
» Literatur über Spiegelsextant, 1863.	353	3268
» Eine Uebersicht der Resultaten über die Sonnenkörper, 1864. .	169	2081
» Repertorium der Cometen-Astronomie, 1864	293	2797
Carlini, F. Metodo facile per calcolare le occultazioni, 1809 . . .	106	1338
» Tavole del Sole, 1811	194	2204
» Ricerche sulla convergenza della serie del problema di Keplero, 1818.	112	1429
» Nuove tavole dei moti del Sole, 1833	194	2205
» Calcolo delle coordinate ottogonali del Sole, 1834	93	1227
Carpenter, N. Geography delineated forth in two books, 1625 . .	82	1067
Carrington, R. C. On the application of the formulae for precession, 1857.	89	1183
» On the distribution of the comets, 1861	295	2801
» Observations of the spots on the Sun, 1863	168	2064
Carruthers, G. T. New solar elements, 1879	150	1909
Cartesius [Descartes], R. Principia philosophiae, 1644.	144	1810
» » » »	145	1837
Cassini, J. Méthode de déterminer les longitudes par les éclipses des étoiles fixes, 1705	106	1336
» Tables des mouvements des satellites de Saturne, 1716 . . .	273	2705
» Méthode de déterminer la première équation des planètes, 1719.	92	1206
» De la libration apparente de la Lune, 1721	218	2349

	§	N°
CASSINI, J. Des diverses méthodes de déterminer l'aphélie et le périhélie des planètes, 1723.	95	1237
» Tables de l'étoile polaire, 1731	81	1022
» Sur l'inclinaison du plan de l'écliptique, 1734	153	1934
» Observation du passage de Mercure du 11 novembre 1736, 1736.	133	1692
» Des variations dans la situation de diverses étoiles, 1738. . .	330	2999
» Élémens d'Astronomie, 1740	37	189
» Tables astronomiques, 1740	155	1973
» Tables des mouvements de la Lune, 1740.	211	2287
» Tables des satellites de Jupiter, 1740	256	2633
» De la conjonction de Mars avec Saturne et Jupiter, 1743 . . .	147	1890
CASSINI, J. D. Lettere astronomiche, 1665	251	2585
» Ephemerides mediceorum siderum, 1668	82	1078
» Mediceorum syderum tabulae priores, 1668	256	2629
» [Observations sur les taches des satellites de Jupiter], [1678] .	258	2642
» Carte de la Lune, [1680]	217	2332
» Découverte de la lumière qui paraît dans le zodiaque, 1685 . .	206	2252
» Corrections of the theory of the five satellites of Saturn, 1687.	273	2704
» Règles de l'Astronomie indienne, 1689	50	323
» Méthode pour déterminer les longitudes par diverses observations, 1692	104	1314
» Nouvelles découvertes de diverses périodes de Jupiter, 1692. .	251	2586
» De l'origine et du progrès de l'Astronomie, 1693	42	245
CASSINI DE THURY, C. F. La méridienne de l'Observatoire de Paris, 1744.	82	1085
CASSINI [DE THURY], J. D. Extrait d'observations astronomiques, 1782.	366	3389
» Mémoires pour servir à l'histoire des sciences, 1810	360	3329
CASTILLON, F. A. M. G. DE. Sur la gnomonique, 1784	78	984
CASTRONI[US], B. M. Horographia universalis, 1728	78	971
CAUCHY, A. Méthode pour la détermination des coefficients que renferme la fonction perturbatrice, 1840	112	1435
» Substitution des anomalies excentriques aux anomalies moyennes, 1841.	112	1436
» Sur le nouveau développement de la fonction perturbatrice, 1842.	112	1437
» Décomposition de la fonction perturbatrice, 1842	112	1438
» Sur les développements de la fonction perturbatrice, 1844 . .	112	1439
» Méthodes nouvelles pour la détermination des orbites des corps célestes, 1846.	101	1282
» Sur la détermination des orbites des planètes, 1847	101	1283
» Formules pour la détermination des orbites des planètes, 1848.	101	1284
CAUSSIN. Le livre de la grande table hakémite, 1804	58	549
CAVALLERI, G. M. Indagini sulla causa delle linee longitudinali dello spettro, 1853	138	1745

	§	N°
EULER, L. Tabulae astronomicae motuum Solis, 1746	194	2195
» Méthode de déterminer la longitude par occultations des étoiles fixes, 1747	106	1337
» Sur la perfection des verres objectifs des lunettes, 1747	347	3205
» Sur l'atmosphère de la Lune, 1748	221	2377
» De la parallaxe de la Lune, 1749	103	1311
» Sur la manière de chercher une théorie de Saturne et de Jupiter, 1749	112	1405
» Recherches sur la précession des équinoxes, 1749	119	1587
» The gradual approach of the Earth to the Sun, 1749	148	1893
» Quantum motus Terrae a Luna perturbetur, 1750	112	1406
» Sur les dérangements que Saturne et Jupiter se causent mutuellement, 1752	112	1407
» De la variation de la latitude des étoiles, 1754	119	1592
» De la réfraction de la lumière en passant par l'atmosphère, 1754.	125	1631
» Recherches sur la réfrangibilité des rayons, 1754	347	3206
» Théorie des inégalités de la Terre [1756]	112	1412
» Précis d'une théorie générale de la dioptique, 1765	347	3211
» Méthode pour porter les objectifs à un plus haut degré de perfection, 1766	347	3212
» Investigatio accuratior phaenomenorum, 1769	118	1572
» Dioptrica, 1769	347	3214
» Théorie de la Lune, 1770.	115	1511
» Theoria motuum Lunae, 1772	115	1513
» De perturbatione motus Terrae, 1772	194	2183
» Novae tabulae lunares, 1772.	211	2296
» Réflexions sur les inégalités dans le mouvement de la Terre, 1778.	194	2184
» Theoria parallaxeos, 1779	103	1312
» De inventione longitudinis, 1780	82	1043
EULER, L. & EULER, J. A. Nouvelles recherches sur le vrai mouvement de la Lune, 1772	115	1512
EYLERT, H. Bemerkungen über das Zodiakallicht, 1874.	206	2248
FABRICIUS, J. A. De maculis in Sole observatis, 1611	162	1985
» » » »	165	1998
» Bibliotheca graeca, 1708	68	869
FABRITIUS, W. Bestimmung des Orts von Polarsternen, 1876	89	1185
[FALB, R.] Topographie des Himmels, 1868.	310	2934
» Der Mond, 1872	217	2340
» Der Planet Mars, 1877.	251	2457
FALLOWS, F. Results of the observations in the years 1829-1831, 1851.	366	3415
FANELLO, M. Calendario universale perpetuo, 1758	229	2414
FARRAR, J. An elementary treatise on Astronomy, 1827	31	161
FAYE, H. Sur les comètes, 1858	297	2829

	§	N°
KEPLER[US], J. Harmonice mundi, 1619	63	669
» Tabulae rudolphinae, 1627	94	1229
» » »	155	1966
» Somnium seu de astronomia lunari, 1634	152	1914
» Opera omnia, 1858	67	813
KHANDRIKOW, M. Systema Astronomii, 1875	37	204
KIEN ping kuey, cung sing tu, 1685	49	304
KIES, J. Observation sur le plus grand éclat de Vénus, 1750	186	2161
KINCAID, S. B. An introduction to the lunar theory, 1879	115	1505
KIRCH, C. Observationes astronomicae selectiores, 1730	366	3369
KIRCHER[US], A. Magnes sive de arte magnetica, 1640	146	1867
» Itinerarium exstaticum, 1656	63	691
» Iconismus III, 1671	217	2331
KIRCHHOFF, G. R. Untersuchungen über das Sonnenspectrum, 1861.	138	1733
KIRKWOOD, D. On a new analogy in the periods of rotation, 1849	150	1911
» [Inégalités à longues périodes dans le mouvement de certains astéroïdes], 1861	240	2514
» Meteoric astronomy, 1867	299	2865
» Comets and meteors, 1873	304	2904
» On some remarkable relations between the mean motions, 1876.	147	1892
KJELLIN, C. E. Fôrsôk en elementarlârobok i Astronomien, 1822	23	123
KLEIN, J. H. Ueber den Farbenwechsel einiger Fixsterne, 1868	327	2977
» Handbuch der allgemcine Himmelsbeschreibung, 1869	32	178
» Das Sonnensystem, 1871	154	1958
» Vierteljahres-Revue der Fortschritte der Naturwissenschaften, 1873	65	714
» Populäre astronomische Encyclopädie, 1874	41	241
» Ueber Veränderungen auf der Mondoberfläche, 1877	222	2596
» Wiederum der intramerkuriale Planet, 1878	171	2106
» Die physische Beschaffenheit der Mondoberfläche, 1879	221	2560
» Die Phosphorescenz der Nachtseite der Venus, 1880	187	2167
» Anleitung zur Durchmusterung des Himmels, 1880	216	2524
» » » »	333	3041
» Veränderungen auf der Mondoberfläche, 1881	222	2597
KLINGENSTIERNA, S. Dissertatio de aberratione stellarum, 1742	88	1158
» Anmärkning vid brytnings-lagen af sär skilta slags lius-strälar, 1754	347	3207
» Tentamen de definiendis et corrigen-is aberrationibus radiorum luminis, 1762	347	3209
KLINGWALL, J. G. Uranographie, 1810	310	2923
KLINKERFUES, E. F. W. Neue Method die Bahnen der Doppelsterne zu berechnen, 1855	335	3056
» Versuche über die Bewegung der Erde im Aether, 1870	127	1660

	§	N°
[LINDENAU, B. VON]. Uebersicht der allmählichen Ausbildung der Sonnentafeln, 1805	194	2212
» Tabulae Veneris, 1810	181	2156
» Tabulae Martis et correctae, 1811	251	2475
» Geschichtliches über Theorie des Saturns, 1811	259	2671
» Geschichtliches über Theorie und Tafeln des Uranus, 1811	275	2741
» Investigatio nova orbitae a Mercurio descriptae, 1813	175	2130
» [Nachrichten über die neueren Sternwarten], 1816	359	3303
» Beitrag zur Geschichte der Neptuns-Entdeckung, 1849	285	2748
LINDENAU, B. VON & BOHNENBERGER, J. G. F. Zeitschrift für Astronomie, 1816	66	726
LINDHAGEN, D. G. Astronomiens grunder, 1858	35	184
LINEMANN[US], A. Memoria secularis, 1644	364	3356
LIOUVILLE, J. Lettre relative à une démonstration, 1842	114	1496
» Sur les figures ellipsoïdales à trois axes inégaux, 1846	116	1554
LIPSCHITZ, R. Ueber das Gesetz der Dichtigkeit im Innern der Erde, 1863	116	1557
» Beitrag zur Theorie des Gleichgewichts, 1864	116	1558
LIPSIUS, J. Physiologia stoicorum, 1604	146	1852
LIPSTORP, D. Copernicus redivivus, 1653	145	1842
L'ISLE, J. N. DE. Sur l'atmosphère de la Lune, 1715	221	2373
» Mémoire pour servir à l'histoire de l'Astronomie, 1738	134	1703
» Avertissement aux astronomes sur le passage de Mercure, 1753	133	1694
LITTROW, C. L. VON. Ueber ein Mittel, die zeit zu bestimmen, 1841	79	1002
» Annalen der Sternwarte in Wien; neue Folge, 1841	366	3413
» Ueber das Wesen und die Geschichte der nautischen Astronomie, 1844	83	1093
» Kalender für alle Stände, 1848	344	3186
» Deutschlands vorzüglichste Sternwarte, 1848	359	3310
» Fortschitte der Astronomie in dem letzten Decennium, 1851	64	701
» Annalen der Sternwarte in Wien, dritte Folge, 1851	366	3414
» Cometen-Verzeichniss, 1855	293	2796
» Ueber die Methode der Längenbestimmung, 1863	79	1003
» Die Sonne, 1864	169	2082
» Sternschnuppen und Kometen, 1868	304	2901
» Zur Zählung der nördlichen Sterne, 1869	322	2953
LITTROW, J. J. Beiträge zur Parallaxenrechnung, 1812	103	1301
» Aus der Höhezweyer Sterne die Zeit und Polhöhe finden, 1817	81	1029
» Ein Beitrag zu den verschiedenen Methoden der Zeitbestimmung, 1818	79	1006
» Latitude par l'observation de l'étoile polaire, 1820	81	1023
» Beiträge zur Berechnung der Finsternisse, 1821	104	1321
» Annalen der Sternwarte in Wien, 1821	366	3412

	§	N°
LORENZONI, G. Tavole per convertire l'angolo di posizione di un punto del bordo solare, 1872	162	1993
» Sulla determinazione delle coordinate angolari, 1878. . . .	351	3247
LOSCHMIDT, J. Ueber den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines System von Körpern, 1876	153	1945
LOUVILLE, J. E. DE. Observation de l'éclipse totale du Soleil, 1715 .	221	2334
LOWE, G. Verbesserte Methode den Unterschied in der Länge zu bestimmen, 1799.	82	1070
LOWTHORP, J. An experiment on the refraction of air, 1699. . . .	126	1653
LOYS DE CHESEAUX, J. P. DE. Tables de la Lune, 1754.	211	2291
LUBBOCK, J. W. Researches in physical Astronomy, 1830	112	1431
» On the determination of the orbit of a comet, 1831.	99	1270
» On the development of R, 1832.	112	1432
» On the planetary theory, 1833	112	1433
» Treatise on the computation of eclipses, 1835.	104	1322
» On the theory of the Moon, 1850	115	1517
» On the theory of astronomical refractions, 1856.	125	1645
» On the lunar theory, 1862	211	2277
LUBIENIETZ, S. DE. Theatrum cometicum, 1667.	291	2770
LU-PU-GUEY. Yve ling kouang y, 1587	49	298
LYNN, G. A method for determining the geographical longitude, 1727.	82	1081
LYONS, I. To find the latitude by observations in the azimuth, 1778.	81	1030
MACGEORGE, F. Some notes of observation with the Melbourne telescope, 1874.	340	3128
MACHIN, J. The solution of Kepler's problem, 1738	92	1208
MACKEY, S. A. Mythological Astronomy, 1822	308	2917
» The original deseign of the ancient constellations, 1834 . . .	318	2940
MACLAURIN, C. De causa physica fluxus et refluxus maris, 1741 . .	116	1545
» » » » . .	121	1602
» On the sudden changes observed in the surface of Jupiter, 1754.	251	2587
MACLEAR, T. Astronomical observations, 1840.	366	3416
MACROBIUS, A. T. Somnium Scipionis, 1472.	56	529
» Opera, 1670	67	817
MACULIS (DE) in Sole animadversis, 1612.	163	2001
MADEWISIUS [MADEWEIS], F. De sidere crinito, 1681.	292	2785
MÄDLER, J. H. Sur la forme d'une certaine région de la Lune, 1838.	221	2388
» Die Doppelsterne, 1839	332	3030
» Populäre Astronomie, 1841	20	99
» Beobachtungen der Sternwarte Dorpat, 1841.	366	3400
» Verwandlung der Rectascension und Declination in Länge und Breite, 1842	76	941
» Bemerkungen über Licht des verfinstersten Mondes, 1842. . .	132	1684
» Ueber die Bahn-Bewegungen der Doppelsterne, 1842. . . .	336	3066

	§	N°
MICHELSON, A. A. Experimental determination of the velocity of light, 1880	88	1154
MITCHEL, O. M. The planetary and stellar worlds, 1847	19	71
» Probable order of astronomical discovery, 1847	47	285
» The sidereal messenger, 1847	66	732
» Saturn, his rings and Moons, 1847	259	2650
» Orbitual motions of the double stars, 1847	334	3043
» Saturn's rings and satellites, 1848	259	2656
» On personal equation, 1858	354	3271
MIZALDUS, A. Cometographia, 1549	291	2760
MOEBIUS, A. F. Die Haupsätze der Astronomie, 1836	20	96
» Die Elemente der Mechanik des Himmels, 1843	110	1375
» Elementare Herleitung des Newton'schen Gesetzes, 1846	110	1372
MOESTA, C. Observations of on important phenomenon, 1855	202	2220
» » » »	363	3343
» Observaciones astronómicas hechas en Santiago, 1857	366	3434
MOHN, H. & GEELMUYDEN, H. Elementaer laerebog i Astronomy, 1876	22	121
MOLDENHAUER, C. F. T. Die Axendrehung der Weltkörper, 1872	124	1623
MOLISON, A. R. Against the theory of the retarding influence of tidal action. Sans date	124	1625
MOLL, G. Onderzoek naar de eerste uitfinders der verrekijkers, 1831	346	3197
» On the transit of Mercury, 1832	173	2155
MÖLLER, A. Planet- och Komet- observationer, 1867	366	3444
» Allgemeine Störungen den Pandora, 1870	240	2544
MÖLLER, N. De indubio Solis motu, 1743	146	1879
MOLLET, J. Gnomonique graphique, 1820	78	987
MÖLLINGER, O. Astrognosie, 1851	310	2926
MOLLWEIDE, K. B. Berechnung des Auf- und Untergänges des Mondes, 1816	75	923
MOLYNEUX, W. A discourse concerning the apparent magnitude of the Sun, 1687	128	1664
MONNIER, H. Négation de la rotation de la Terre, 1877	146	1887
MONTANARI, G. Sopra la sparizione d'alcune stelle, 1672	326	2964
MONTIGNOT. L'état des étoiles fixes par Ptolémée, 1787	55	458
MONTIGNY, C. La cause de la scintillation, 1856	131	1677
» Note sur un nouveau scintillomère, 1864	131	1680
» Note sur le pouvoir dispersif de l'air, 1867	130	1669
» Note sur des phénomènes de coloration, 1869	130	1672
MONTUCLA, J. F. Histoire des mathématiques, 1758	43	258
» Histoire de l'Astrologie, 1802	60	640
MORELIUS, G. Arati solensis Phaenomena, 1559	68	873
[MORGAN, A. DE]. References for the history of the mathematical sciences, 1843	69	880

	§	N°
PEIRCE, B. Tables of the Moon, 1853.	211	2305
» Physical and celestial mechanics, 1855	110	1576
» On the theory of the comet's tail, 1859	297	2832
» The saturnian system, 1866	259	2652
» On the mean motion of the four outer planets, 1872	147	1891
PENNY Cyclopaedia, the, 1833	40	227
PENTHER, J. F. Gnomonica fundamentalis, 1733	78	972
PÉRÉVOSTCHIKOFF, D. Rukowodstwo ki Astronomij, 1831	25	132
» Osnowania Astronomii, 1842.	37	201
» Vikovia vosmoustchenia semi bolischikhi planeti, 1857 . . .	113	1484
PERREY, A. Sur la détermination de l'orbite des planètes, 1853 . .	101	1285
» [Apparitions anciennes d'étoiles filantes], 1865	302	2892
» [Apparitions remarquables d'étoiles filantes], 1865	302	2893
PERROTIN, J. Théorie de Vesta, 1881	240	2524
» Visite à divers observatoires, 1881	359	3320
PETAVIUS [PETAU], D. Opus de doctrina temporum, 1627	68	867
» » » »	230	2451
PETERS, C. A. F. Numerus constans nutationis, 1842.	89	1178
» Formeln für die Veränderungen der Rectascension eines Sterns, 1851.	330	3011
» Zeitschrift fur populäre Mittheilungen, 1858	66	754
PETERS, C. H. F. Contributions to the atmospherology of the Sun, 1855.	169	2078
» A method for deriving the right ascension and declination of a solar spot, 1861	108	1359
» Zur Refraction auf der Sonne, 1868	162	1988
» Report of the committee on standards of stellar magnitude, 1881.	324	2959
PETIT, F. Recherches analytiques pour la trajectoire des bolides, 1851.	301	2877
» Annales de l'Observatoire de Toulouse, 1863	366	3440
» Traité d'Astronomie, 1866	15	51
PEUCER[US], G. Elementa doctrinae de circulis coelestibus, 1551 . .	62	656
PEURBACH. (Voyez PURBACHIUS.)		
PEZENAS, E. Astronomie des marins, 1766	83	1098
» Nouvelle théorie des taches du Soleil, 1774	108	1353
PFAFF, C. G. A. Annotationes ad theoriam perturbationum, 1814. .	112	1418
[PHILOMATHESIS]. Kurtzer Auszug aller Cometen, 1578	291	2764
PIAZZI, G. Lezioni elementari di Astronomia, 1817	29	150
PIAZZI, G. & ORIANI, B. Corrispondenza astronomica, 1875. . . .	64	710
PICARD, J. Voyage d'Uranibourg, [1680].	358	3292
PICKERING, E. C. List of observations of the polarisation of the corona, 1871.	136	1712
» Stellar magnitudes, 1879	324	2960
» Variable stars of short period, 1881	326	2965

	§	N°
PTOLEMAEUS, C Phaenomena stellarum [catalogue d'étoiles], 1537.	55	457
» Opera omnia, 1540	67	828
» Hypotheses, 1820	55	469
PUISEUX, V. Mémoire sur les inégalités à longues périodes, 1863	112	1440
» Sur l'accélération séculaire de la Lune, 1870.	115	1537
» Sur l'accélération séculaire du mouvement de la Lune, 1875.	115	1538
PUISSANT, L. Formules pour passer directement au lieu géocentrique, 1819.	93	1224
PURBACHIUS, G. Theoricae novae planetarum, 1472	59	609
QUADRANTA, B. L'orologio a Sole scoperte in Pompei, 1854.	78	945
QUETELET, A. Astronomie élémentaire, 1826	15	41
» Constructions graphiques des orbites cométaires, 1826.	97	1253
» Astronomie populaire, 1827	3	4
» Description des observatoires d'Angleterre, 1828	359	3307
» Notes extraites d'un voyage scientifique, 1830	359	3308
» Sur les étoiles filantes, 1837	299	2852
» Catalogue des principales apparitions d'étoiles filantes, 1839.	302	2885
» Concordance des calendriers républicain et grégorien, 1842	229	2430
» Détermination des équations personnelles, 1843.	354	3270
QUETELET, E. Des observatoires du nord de l'Allemagne, 1857.	359	3313
RAABE, J. L. Allgemeine Theorie der Epicykeln, 1826	53	381
» Ueber den Stillstand der Planeten, 1827	94	1233
RADAU, R. Méthode des azimuths correspondants, 1860	79	1000
» Propriété des systèmes qui ont un plan invariable, 1869	114	1503
» Progrès récents de l'astronomie stellaire, 1876	341	3147
» Travaux concernant le problème des trois corps, 1881	112	1473
RAGONA, D. Sulle righe transversali dello spettro, 1847.	138	1742
RAMBOSSON, J. Les astres, 1866	15	50
RAMUS, C. Om uligheder i pendulsvingningerne formedelst, 1847.	123	1618
RANYARD. C. A. On periodic changes in Jupiter, 1871	251	2603
» Observations made during total solar eclipses, 1879	165	2014
» Motion of gaseous matter projected from the Sun, 1881	165	2019
RAPER, H. On the observation of the transits of the prime vertical, 1838.	351	3253
» The practice of navigation, 1840	83	1111
RATTE, DE. Observations astronomiques, 1819.	366	3388
REBOUL, —. Tables de Vénus, 1811.	181	2157
RECORDE, R. The castle of Knowledge, 1551	62	655
RECUEIL de mémoires, relatifs au passage de Vénus, 1874.	364	3363
REEVES, J. Chinese names of stars, 1819.	49	308
REGIOMONTANUS, J. [MONTE-REGIO]. Epytoma in Almagestum Ptolomei, 1496.	59	625
» Tabulae astronomicae, 1536	155	1963

	§	N°
ROBERTSON, J. The elements of navigation, 1754	83	1097
ROBINSON, T. R. Astronomical observations, 1832	366	3418
» On the effects produced by railroad, 1853	363	3345
ROCCO, A. Esercitazioni filosofiche, 1633	146	1862
ROCHE, E. Sur la figure des atmosphères des corps célestes, 1854	116	1555
» Recherches sur les atmosphères des comètes, 1859	297	2830
» Nouvelles recherches sur la figure des atmosphères, 1863	116	1556
» Essai sur la constitution du système solaire, 1875	153	1931
ROCHON, A. M. DE. Opuscules mathématiques, 1768	67	830
» Recueil de mémoires, 1783	67	831
RODWELL, G. F. A dictionary of science, 1870	41	240
ROGER, F. Dissertation on the knowledge of the ancients in astronomy, 1755	346	3202
RÖHL, L. H. Einleitung in die astronomischen Wissenschaften, 1768	32	168
» Merkwürdigkeiten von den Durchgängen der Venus, 1768	189	2171
ROSA, P. Studii intorno ai diametri solari, 1874	160	1981
ROSCOE, H. E. Spectrum analysis, 1868	138	1735
RÖSLER, G. F. Handbuch der praktischen Astronomie, 1788	342	3153
ROSSARI, C. Trattato di Astronomia, 1843	16	56
ROSSE, L. OF [OXMANTOWN]. An account of the observations on the great nebula in Orion, 1868	340	3106
» Chromolithographs from drawings of the planet Jupiter, 1874	251	2607
ROSSE, W. P. OF. Observations of some of the nebulae, 1844	340	3089
» Observations on the nebulae, 1850	340	3090
» Selection from the observations of the nebulae, 1861	340	3091
» Observations on Mars, 1864	236	2489
ROSSETTI, F. Indagini sulla temperatura del Sole, 1878	166	2037
ROST, J. L. Astronomisches Handbuch, 1718	32	167
ROTHMANN, R. W. History of Astronomy, 1832	42	253
ROYAL SOCIETY OF LONDON. Catalogue of scientific papers, 1867	69	890
RÜDIGER, C. F. Anweisung zur Berechnung der Sonnen- und Mondfinsternisse, 1802	104	1320
» Handbuch der rechnenden Astronomie, 1802	343	3165
RÜMKER, C. Längenbestimmung durch den Mond, 1849	82	1048
» » » »	106	1341
» Handbuch der Schiffarthskunde, 1857	83	1118
RUNKLE, J. D. Tables for determining the values of the coefficients in the perturbative function, 1855	112	1451
RUSSELL, H. C. On the coloured cluster stars about kappa Crucis, 1872	340	3115
» Results of astronomical observations at Sydney, 1880	366	3438
» Recent changes in the surface of Jupiter, 1881	251	2618
RUSSELL, J. Lunar globe, 1797	217	2346

	§	N°
Struve, O. Tabulae quantitatum besselianarum, 1869	89	1189
» Observations de Poulkova, 1869	366	3429
» Mesures micrométriques corrigées, 1879	334	3050
Struve, O. & Winnecke, A. Pulkowaer Beobachtungen des grossen Cometen von 1858, 1860	296	2817
Stuhr, P. F. Ursprünglichkeit der Sternkunde unter den Chinesen, 1831	50	321
Stumpf, J. Gemeiner löblicher Eydgenossenschafft Chronick, 1548	291	2759
Sturmer, C. M. Sonnentafeln, 1875	194	2210
Suidas. Lexicon, 1499	39	205
Surya-siddhânta, 1854	50	332
Svanberg, J. Disquisitiones analyticae in theoriam refractionum astronomicarum, 1827	125	1642
» Recherches sur la température de l'espace, 1830	149	1902
Swedenborg, E. De chao universali, 1734	153	1923
Swift, L. The discovery of intramercurial planets, 1878	172	2113
Swinden, J. H. van. Het bepaalen der lengte op zee, 1789	82	1044
Tables for correcting the apparent distance of the Moon and a star, 1772	82	1055
Tables to facilitate the reduction of places of the fixed stars, 1869	89	1188
Tacchini, P. Macchie solari, 1871	168	2070
» Regioni del magnesio al disco solare, 1872	168	2069
» Sulla misura degli angoli di posizione delle macchie, 1875	108	1360
» Diametro solare spettroscopico e ordinario, 1875	160	1984
» Osservazioni di pianeti, 1875	251	2608
» Osservazioni solari spettroscopiche, 1876	168	2074
» Sulle osservazioni solari, 1878	165	2029
Tacquet, A. Tractatus de hypothesi terrae motae, 1669	146	1875
Tait, P. G. On comets, 1869	297	2848
Tannery, J. Le système astronomique d'Eudoxe, 1876	53	380
Taylor, T. G. Results of astronomical observations at Madras, 1832	366	3407
» Astronomical observations at Madras, 1848	366	3408
Taylor, W. B. Kinetic theories of gravitation, 1876	111	1402
Tegner, P. W. Nautiske Astronomie, 1840	83	1114
Teixeira, F. G. Noticia sobre Saturno, 1878	259	2655
Tempel, E. W. L. Osservazioni sulla visibilità delle piccole stelle, 1874	323	2958
Terby, F. Aréographie, 1876	236	2496
» Observations de la tache rouge de Jupiter, 1880	251	2614
» Mémoire à l'appui des observations de M. Schiaparelli, 1881	236	2508
Terrentius, J. Chun kay thung chian thu schue, 1625	49	302
Tessan, D. de. Circonstance inexpliquée de la chute des corps, 1860	204	2224
Teuber, G. Conamen ad probandam Lunae atmosphaeram, 1727	221	2374

	§	N°
Watson, J. C. Discovery of an intra-mercurial planet, 1878	172	2111
» On the intra-mercurial planets, 1878	172	2112
Webb, T. W. Jupiter, 1859	245	2562
» Celestial objects, 1859	333	3038
» Notes on Uranus, 1863	280	2742
» The Moon, 1867	216	2318
» Index map of the Moon, 1867	217	2339
» Opaque bodies seen traversing the Sun, 1873	171	2105
» On the study of change in the lunar surface, 1873	222	2395
» The great nebula in Andromeda, 1882	340	3112
Weber, H. Zodiakallichtbeobachtungen, 1873	206	2237
Weidler[us], J. F. Commentio de praesenti specularum statu, 1727	359	3297
» Eclipsis Solis observata Vitembergae, 1739	221	2355
» Historia Astronomiae, 1741	46	275
» Institutiones astronomicae, 1754	27	158
» Bibliographia astronomica, 1755	69	883
Weile[n]mann, A. Neue Studien über die Refraction, 1872	125	1647
Weiler, J. A. Ueber das Problem der drei Körper, 1866	115	1522
» Grundzüge einer neuen Störungstheorie, 1872	112	1444
Weiss, F. Observationes astronomicae, 1759	366	3384
» Gesetze der Satellitenbildung, 1860	273	2712
Weiss, E_1. Beiträge zur Kenntniss der Sternschnuppen, 1868	299	2855
Westphal, J. H. Astrognosie, 1822	310	2931
» Beobachtungen des diesjährigen Kometen, 1827	296	2815
Wetzel, E. Allgemeine Himmelskunde, 1858	20	105
Weyer, G. D. E. Vorlesungen über nautische Astronomie, 1871	83	1121
Wharton, J. Determining the distance of certain variably colored stars, 1865	331	3016
Whewell, W. Researches on the tides, 1833	121	1600
» History of the inductive sciences, 1837	43	259
» Of the plurality of worlds, 1853	152	1918
Wild, H. Ueber die Lichtabsorption der Luft, 1867	129	1667
Wilkins, J. Discovery of a new world, 1638	145	1834
» Copernicus defended, 1660	145	1843
Willard, J. Altitude and longitude of the ecliptic, 1785	103	1307
Williams, J. Observations of comets, 1871	291	2784
Wilson, A. Observations on the solar spots, 1774	163	2009
Wilson, J. M. A geometrical investigation of the orbit of a double star, 1873	333	3060
Wing, V. Harmonicon coeleste, 1651	63	686
» Astronomia instaurata, 1656	63	687
» Astronomia britannica, 1669	63	688
Winlock, J. Tables of Mercury, 1864	173	2132

	§	N°
WINLOCK, J. [& TROUVELOT, L.] Observations on nebulae, 1876	340	3096
WINNECKE, A. Pulkowaer Beobachtungen des hellen Cometen von 1862, 1864	296	2819
WITCHELL, G. Nature of the curve given by the shadow of an oblate spheroid, 1767	109	1364
WOCHENSCHRIFT für Astronomie, 1858	66	739
WOECKEL, L. Die Sonne und ihre Flecken, 1846	169	2076
WOLF, C. Recherches sur l'équation personnelle, 1866	354	3279
WOLF, C. & RAYET, G. Nouvelles recherches sur la spectroscopie stellaire, 1867	328	2987
WOLF, R. Ueber das Sehen der Sterne bei Tage, 1851	323	2954
» Astronomische Mittheilungen, 1856	66	745
» Sonnenfleckenliteratur, 1856	168	2061
» Die Sonne und ihre Flecken, 1861	169	2079
» Handbuch der mathematik, 1870	39	218
» Historisch-litterarische Tafel, 1872	70	897
» Vulkan, 1872	171	2102
» Die Verbesserungen der Instrumente durch Tycho, 1873	61	650
» Ueber die Sichtbarkeit der Sterne, 1875	323	2956
» Geschichter der Astronomie neurer Zeit, 1877	64	698
WOLF, C. & ANDRÉ, C. Contacts de Mercure et de Vénus avec le bord du Soleil, 1874	133	1696
WOLFF [WOLFIUS], C. Anfangsgründe der mathematischen Wissenschaften, 1710	39	212
WOLLASTON, F. H. A description of a new system of wires, 1785	348	3226
» A porctraiture of the heavens, 1811	341	3132
WOODHOUSE, R. An elementary treatise on Astronomy, 1812	31	158
WOOLHOUSE, W. S. B. New tables for computing the occultations of Jupiter's satellites, 1835	256	2637
WOOLLGAR, J. W. Descriptive list of celestial maps, 1848	320	2948
WRIGHT, A. W. Polariscopic observations of Coggia's Comet, 1874	136	1716
» Polarization of the zodiacal light, 1874	136	1719
» On the spectrum of the zodiacal light, 1874	206	2251
WRIGHT, R. New and correct tables of the lunar motions, 1732	211	2284
WRIGHT, T. An original theory of the universe, 1750	153	1926
WURM, J. F. Ueber den grössten Glanz der Venus, 1798	186	2162
» Historia novi planetae Urani, 1791	275	2714
» Ueber die Störungen des Planeten Mars, 1800	231	2464
» Störungen des Merkurs, 1801	173	2117
» Allgemeine Tafeln, um die grössten Digressionen der Venus zu berechnen, 1802	186	2163
» Störungen des Mars, 1802	231	2465
» Praktische Anleitung zur Parallaxenrechnung, 1804	103	1308

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

CHAPITRES, PARAGRAPHES ET ARTICLES.

TABLE

DES

DIFFÉRENTES PARTIES DE L'OUVRAGE.



